2° Phyt. 155 h

2° Phyt. 155 h

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DIE

ENTWICKLUNG DER CRASSULACEEN

VON

LUDWIG KOCH.

VERÖFFENTLICHT
MIT UNTERSTÜTZUNG DES KÖNIGLICH PREUSSISCHEN MINISTERIUMS FÜR
LANDWIRTHSCHAFT, DOMAINEN UND FORSTEN.

MIT 16 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1879.

Wb/66/1658

Alle Rechte vorbehalten.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

VORWORT.

Unsere Kenntniss des anatomischen Baues der höheren Gewächse beruht auf einer Reihe von Einzeluntersuchungen, die sich sehr zerstreut in der Literatur vorfinden und darauf ausgehen, die Entstehung und weitere Entwicklung einzelner Zell- und Gewebeformen, sowie die Anordnung beider in den verschiedenen Organen der Pflanze festzustellen. Das Material zu solchen Arbeiten wurde den verschiedensten Pflanzenfamilien entnommen. Wenig zahlreich sind dagegen Monographieen, welche eingehend Anatomie und Entwicklungsgeschichte einer eng begrenzten Pflanzengruppe behandeln. Während bei den Kryptogamen eine derartige Untersuchungs-Methode vorherrscht, hat sie sich bei den Phanerogamen noch wenig Eingang verschafft, und doch bietet gerade sie, besonders jetzt, wo das durch die Einzelarbeiten erwachsene anatomische Material geordnet und zusammengestellt ist, nicht zu unterschätzende Vortheile.

In der vorliegenden Arbeit hat der Verfasser eine derartige Darstellung versucht. Es wurde an Repräsentanten einer hierfür geeignet erscheinenden Pflanzenfamilie, der *Crassulaceen*, speciell der Gattung *Sedum*, Anatomie und Entwicklungsgeschichte genau verfolgt, und es stellte sich dabei heraus, dass hier nicht unwesentliche Verschiedenheiten gegenüber dem typischen dicotylen Bau vorhanden sind.

Ein Theil der Resultate der vorliegenden Untersuchung ist im Auszug bereits 1876 in den Verhandlungen des naturhistorisch-medicinischen Vereins zu Heidelberg publicirt worden, die Vollendung der Arbeit erfolgte während der commissarischen Lehrthätigkeit des Verfassers an der Königl. Landwirthschaftlichen Akademie zu Proskau. Durch die Munificenz des Königl. Preussischen Ministeriums für Landwirthschaft, Domainen und Forsten war es möglich, dem Texte Abbildungen in wünschenswerther Zahl beizufügen; der Verfasser kommt daher der angenehmen Pflicht nach, dem genannten hohen Ministerium seinen verbindlichsten Dank für diese geneigte Förderung seiner Arbeit auszusprechen.

Heidelberg, im Januar 1879.

INHALT.

Seite.

I. Literatur.

1. Morphologie. — 2. Anatomie des Stammes und der Wurzel 1
3. Anatomie der Blattorgane . 2

II. Zur Morphologie der Gattung *Sedum* . 3

III. Bau und Entwicklung des Stammes und der Wurzel von *Sedum spurium Bieb.*

1. Der Vegetationspunkt; Anlage der Gefässbündel 17
2. Weitere Ausbildung der Stammorgane . 25
3. Das Absterben des fertilen Zweiges . 30
4. Stammverdickung der basalen, unterhalb der abgestorbenen fertilen Zweige liegenden Stammtheile 39
5. Die Entwicklung der Wurzel . 44

IV. *Sedum album L.* . 49

V. *Sedum rupestre L.* . 54

VI. *Sedum populifolium L.* . 64

VII. *Sedum Aïzoon L.* . 71

VIII. *Sedum Telephium L.*

1. Entwicklung des Stammes . 79
2. Bau und Entwicklung der Wurzel von *Sedum Telephium* 81

IX. Rückblick . 93

X. Der Bau der Laubblätter . 106

XI. Bau der Blüthe, Embryologie und Fruchtentwicklung 113

Erklärung der Abbildungen . 133

DIE GATTUNG SEDUM.

I. Literatur.

1. Morphologie.

De Candolle. *Histoire des plantes grasses.* Paris 1799—1829.

Derselbe. *Mémoire sur la famille des Crassulacées.* Paris 1828. *(Mém. coll. n. II.)*

Wydler. Ueber die symmetrische Verzweigung dichotomer Inflorescenzen. Flora, botanische Zeitung 1851, pag. 572.

Payer. *Organogénie de la fleur,* pag. 365, pl. 79, Fig. 1—14.

Irmisch. Einige Bemerkungen über *Sedum maximum Kch.* Botan. Zeitung 1855, pag. 249.

Wydler. Kleinere Beiträge zur Kenntniss einheimischer Gewächse. Flora, bot. Zeitung 1860, pag. 376.

Baillon. *Histoire des plantes* 1872, T. III, pag. 305.

Wydler. Zur Morphologie, hauptsächlich der dichotomen Blüthenstände. Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Bd. XI, Heft III, pag. 354.

Chatin. *Organogénie comparée de l'androcée dans ses rapports avec les affinités naturelles.* Comptes rendus. T. LXXVIII, pag. 324—327.

Eichler. Blüthendiagramme, Bd. II, pag. 417.

2. Anatomie des Stammes und der Wurzel.

Corda. 1838 in Sternberg, «Flora der Vorwelt.» Anhang, pag. LXII, Taf. A, Fig. 5. u. 7.

Brogniart. *Observations sur la structure intérieure du Sigillaria elegans, comparée à celle des Lepidodendron et des Stigmaria etc. Archives du Muséum d'histoire naturelle.* 1839, T. I, pag. 438.

A. Henry. Ueber Knospen mit knolliger Basis. Verhandlungen des naturhistorischen Vereins für die Rheinlande und Westphalen, VII, 1850, pag. 45.

Irmisch. Einige Bemerkungen über *Sedum maximum Kch.* Bot. Zeitung 1855, pag. 253.

A. Henry. Ueber die Bildung von Wurzelzasern von *Sedum Telephium, maximum u. Fabaria.* Verhandl. des naturhist. Vereins für die Rheinlande etc. XVII. Jahrgang (VII. neue Folge), 1860.

Wydler. Kleinere Beiträge etc., pag. 378.

Regnault. *Recherches sur les affinités de structure des tiges des plantes du groupe des Cyclospermées. Annales des sciences naturelles* IV. Sér., T. XIV, 1860, p. 87, planche IV.

Lestiboudois. *Structure des hétérogènes.* Comptes rendus, vol. LXXVI, 1873, pag. 195.

Schwendener. Das mechanische Princip etc., 1874, pag. 148.

L. Koch. Untersuchungen über die Entwicklung der Crassulaceen. Vorläufige Mittheilung der Resultate der vorliegenden Arbeit. Verhandlungen des naturhist.-medicin. Vereins zu Heidelberg, 1876.

H. Berge. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte von *Bryophyllum calycinum*, Zürich, 1877.

De Bary. Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane, pag. 513.

3. Anatomie der Blattorgane.

Strasburger. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen. Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. 1866—67, Bd. V, pag. 321, Taf. XXXVIIII u. XL, Fig. 102—106 u. 107—110.

Engler. Ueber epidermoidale Schlauchzellen etc. Botanische Zeitung, 1871, pag. 886.

Areschoug. Vorläufige Mittheilung über einige Untersuchungen der Anatomie des Blattes. *Botaniska Notiser utg. af Nordstedt*, 1874, No. 1—3.

P. Magnus. Beiträge zur Kenntniss des anatomischen Baues der Blätter. Abhandlungen des botan. Vereins der Provinz Brandenburg, XVIII, pag. 95—98. 1876.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

II. Zur Morphologie der Gattung Sedum.

Ueber die morphologischen Verhältnisse der Crassulaceen, insbesondere der Gattung *Sedum* finden wir in der Literatur nur wenige Specialarbeiten vor. Verbreiteter sind dagegen Einzelbemerkungen, die, falls sie von wesentlichem Interesse für unsern Gegenstand, im weiteren Verlauf erwähnt, hier aber nicht speciell angeführt werden sollen.

Nach Irmisch[1]) entwickelt der junge Keimling von *Sedum maximum Kch.*, dessen hypocotyle Axe noch innerhalb des Bodens zu liegen kommt, fleischige, kurz gestielt dem Stamm ansitzende Cotyledonen. In Folge der weiteren Entwicklung der Pflanze schwillt die anfänglich dünne Hauptwurzel rübenförmig an, und auch das hypocotyle Glied erfährt bis zu gewissem Grad eine Verdickung.

Nicht alle Keimpflanzen zeigen in Bezug auf die Hauptwurzel das eben geschilderte Verhalten. Diese kann in ihrer Entwicklung zurückbleiben und später absterben, ohne eine nennenswerthe Verdickung erlangt zu haben.

Zu jener Hauptwurzel treten bald früher, bald später ähnliche Bildungen, welche den basalen Theilen des Stammes entspringen. Die genauere Untersuchung lehrt, dass diese Organe weniger der primären Axe selbst, als den noch wenig entwickelten Axillarknospen der Cotyledonen angehören und an den letzteren gewöhnlich auf beiden Seiten hervorbrechen. Indessen sind auch Fälle nicht ausgeschlossen, in welchen deren Anlage nur einseitig stattfindet.

Zwischen dem Axillarspross und dem Keimblatt findet man endlich nicht selten Adventivknospen und diese können sich alsdann, ähnlich dem ersteren, mit Wurzeln versehen.

Die weitere Entwicklung jener Neubildungen ist meist keine gleichmässige; die zuerst angelegten derartigen Theile werden gewöhnlich in dieser Hinsicht bevorzugt.

Beide Adventivbildungen, Wurzeln wie Seitensprosse, können an der primären Axe auch mehr einseitig auftreten. Alsdann zeigen sich nur in der Achsel des einen Cotyledon Neubildungen der erwähnten Art, während der andere von solchen wenig oder gar nichts sehen lässt. Eine solche Einseitigkeit findet sich fast regelmässig bei den nächst höheren Blattpaaren der Keimpflanze, die, wenn auch

[1]) Irmisch. Einige Bemerkungen über *Sedum maximum Kch.* Botanische Zeitung 1855, pag. 249.

in beschränkterem Maasse, in Bezug auf Adventivbildungen ähnliche Fähigkeiten wie die cotyledonaren Blätter besitzen.

Die Adventivwurzeln, welche auf die angegebene Weise entstanden sind, zeigen im weiteren Verlauf der Entwicklung der Keimpflanze meist dieselbe rübenförmige Verdickung, welche unter Umständen der Hauptwurzel eigen ist. Tritt an einzelnen Wurzeln eine solche Verdickung nicht auf, so ist deren Lebensdauer gewöhnlich eine sehr begrenzte.

Mit dem Ende der sommerlichen Vegetationsperiode pflegt die primäre Axe bis zu denjenigen basalen Theilen einzugehen, welche durch die erwähnten Adventivbildungen ausgezeichnet sind. Nur bei schwächeren, niedrig gebliebenen Exemplaren dauert zuweilen die primäre Axe aus, wird aber auch in der zweiten Vegetationsperiode nicht kräftig. Jenen axillären Neubildungen sowohl, wie deren Trägern, ist die Entwicklung zunächst vegetativer Theile übertragen. Aus ihnen entstehen neue Stammtheile und auch an basalen Theilen der letzteren, ähnlich wie bei der primären Axe, perennirende Knospen für die weitere Vegetationsperiode; die untersten versehen sich wieder mit Wurzeln, die oberen sind meist ohne solche. Die letztgenannten Organe endlich lassen wieder die starke Verdickung sehen, durch welche sich bei *Sedum maximum* jene Theile auszeichnen.

Bestimmte Angaben über die Zeit, welche die Keimpflanze bedarf, um blühreif zu werden, lassen sich nicht machen. Ist sie in jenes Stadium eingetreten, so treiben von den Basalsprossen vorzugsweise die oberen — die unteren entwickeln Nebenwurzeln und bleiben ganz oder für dieses Jahr zurück — zu blüthetragenden Stämmchen aus, um nach vollzogener Samenbildung bis zu den Basalpartieen, die ebenfalls als Träger von Knospen für das nächste Vegetationsjahr erscheinen, abzusterben.

In Uebereinstimmung mit Irmisch sind die Angaben von Wydler[1]). Dieser Autor, welcher ausgebildete Pflanzen von *Sedum purpurascens* und *maximum* untersuchte, erwähnt der in den Niederblattachseln stehenden „Erneuerungssprosse", die sich eine Zeit lang unter der Erde fortziehen und eine Länge bis zu drei Fuss erreichen können. Normal bildet jeder neue Spross, schon zur Knospenzeit, zwei neue Wurzelfasern an seiner Basis, in späteren Stadien stehen jene in grösseren oder kleineren Büscheln oder Klumpen beisammen, sind knollig entwickelt und wachsen mehrere Jahre in die Dicke. Sie lassen einzelne Seitenwurzeln entstehen, die entweder die Gestalt des Mutterorgans annehmen oder dünn und faserartig bleiben.

Aehnlich den bis jetzt genannten Species verhalten sich die von Koch[2]) unter die Gruppe *Telephium* gebrachten Arten: *Telephium, Fabaria, maximum* und *Anacampseros.* Auch *Sedum Wallichianum Hook.*[3]) scheint hierher zu gehören.

Typisch ist jenen Arten die verhältnissmässig geringe Entwicklung der Stammtheile. Dem Keimling liegt im ersten Vegetationsjahr die Bildung von Nährstoffen für die fernere Entwicklung der Pflanze ob, er erzeugt nur einen schwachen, der ersten vegetativen Thätigkeit gewidmeten Haupt-

[1]) Kleinere Beiträge zur Kenntniss einheimischer Gewächse. Flora, bot. Zeitschrift, 1860, pag. 377.

[2]) Koch. Synopsis der deutschen und schweizer Flora, p. 258.

[3]) Walpers. *Repertorium botanices systematicae.* T. V, pag. 795.

spross und an dessen basalem, in die Erde gelangenden Theile diejenigen Knospen und Wurzeln, welche vorzugsweise im nächsten Jahr in Action zu treten bestimmt sind. Alsdann erfolgt das Absterben des Stammorgans bis zu jenen Partieen. In den sich verdickenden Wurzeln wird zuvor das Material für die Weiterentwicklung der Basalsprosse niedergelegt, welch' letztere in der nächsten Vegetationsperiode austreibend, dasselbe Spiel wiederholen. Die Bildung basaler Knospen, deren Entwicklung, endlich deren Absterben bis zu jenen Basalpartieen geht so lange fort, bis die Pflanze, welche das Nährstoffmaterial stets in die sich mehr und mehr verdickenden, im Gegensatz zu dem grössten Theil des Stammapparates ausdauernden Wurzeln niederlegt, genügend erstarkt ist, blüthetragende Sprosse zu erzeugen. Jene sind alsdann in Mehrzahl vorhanden, die meisten der über die Erde gehenden Stämmchen entwickeln Blüthen und sterben nach Erfüllung ihrer physiologischen Functionen ab. Das Gleiche geschieht mit den wenigen sterilen Stämmchen, alle oberirdischen Organe werden jährlich eingezogen, es verbleibt von jedem Spross ein in der Erde liegendes, mit Knospen versehenes Basalstück, endlich findet man an älteren Rhizompartieen der Vorjahre, dem Volumen nach als Hauptbestandtheil, die über fingerdicken Wurzeln.

Aeltere und bedeutend erstarkte Pflanzen vermehren sich auf ungeschlechtlichem Wege. Irmisch macht bereits hierauf aufmerksam, indem er Folgendes anführt[1]):

„Wenn, was an feuchten Standorten zuweilen der Fall ist, auch an den Knospen, die weiter oben am Stengel sich in bereits gestreckten Internodien gebildet haben, Nebenwurzeln entstanden sind, so werden diese Knospen mit ihren Wurzeln durch das Absterben und Vermodern der Stengel früher oder später isolirt und können dann unter begünstigenden Umständen auch auswachsen; es ist das aber nur ausnahmsweise der Fall.“

Hier ist somit einer sehr in's Auge fallenden ungeschlechtlichen Vermehrung, unter besonders günstigen Umständen, gedacht; weitaus häufiger und sicherer wird ein ähnliches Resultat durch das Absterben älterer, im Boden liegender Rhizome erzielt.

Der Gesammtkörper unserer Pflanze besitzt bereits in frühen Entwicklungsstadien keinen organischen Abschluss; schon durch das Eingehen der primären Stammaxe am Ende der ersten Vegetationsperiode und das Uebertragen der vegetativen Thätigkeit auf ein basales Stammstück, dessen Knospen und die anhaftenden Wurzeln wird das Absterben älterer Pflanzentheile zu Gunsten jüngerer eingeleitet. In späteren Entwicklungsstadien finden wir ein unterirdisches Rhizom vor, das an seinem ältesten, seiner Zeit der primären Axe anstossenden Ende offen erscheint, an älteren Partieen in Gruppen angeordnet, die stark verdickten Wurzeln trägt, an jüngeren und jüngsten Theilen endlich letztere anlegt, sowie die Knospen für die über die Erde zu sendenden jährlichen Sprosse entwickelt. Mit dem von der primären Axe ausgehenden Absterben älterer Rhizompartieen werden dessen Seitentriebe — das Rhizom ist, wie aus der oben gegebenen Entwicklungsgeschichte hervorgeht, verzweigt — isolirt und zu selbständigen Pflanzen. Eingeleitet wird ein derartiges Eingehen älterer Rhizomstücke gewöhnlich durch Krankheitserscheinungen innerhalb bestimmter Gewebe; die letzteren

[1]) a. a. O., p. 251.

schliessen sich gegenüber den noch nicht ergriffenen Partieen durch Korkzonen ab, und es kann ein derartiges altes Rhizom noch einige Zeit erhalten bleiben und eine, wenn auch wenig bedeutsame Verbindung der später völlig isolirten Seitenaxen abgeben.

Bei *Sedum Telephium* etc. nehmen indessen jene Krankheitserscheinungen, in Folge der nur unbedeutenden Verdickung des unterirdischen Stammapparates, keine so bedeutenden Dimensionen an, als das bei anderen, später zu betrachtenden Sedum-Species der Fall ist.

Eine bestimmte Wachsthumsrichtung halten die Stammtheile der von uns seither besprochenen Sedum-Arten nicht ein, dieselbe wird vielmehr, da mit jedem Jahre die oberhalb der Erde befindlichen Theile derselben eingezogen werden und deren unterirdische Basalknospen in anderer Richtung weiter wachsen, fortwährend geändert.

Charakteristisch ist endlich jenen Arten die Ausbildung des Laubblattes. Während die Mehrzahl der Repräsentanten der Gattung *Sedum* cylindrische bis nadelförmige Blätter besitzt, zeigt sich bei *Sedum Telephium* und den hierher gehörigen Arten eine Annäherung an die gewöhnliche Form. Es wird ein flaches, allerdings fleischiges, Blatt angelegt, das gewöhnlich direct dem betreffenden Stammtheil ansitzt, oder doch nur eine unbedeutende Entwicklung des Blattstiels sehen lässt.

Einigermassen ähnlich wie *Sedum Telephium*, doch genügend abweichend, um in eine besondere Gruppe gestellt zu werden, verhält sich unter den von mir untersuchten Arten nur *Sedum Aïzoon*. Auch bei ihm ist die Entwicklung eine langwierige und erfordern die Keimlinge bis zum Eintritt in die Blüthenperiode drei bis vier Jahre.

Die junge Pflanze legt im ersten Jahr einen nicht allzustarken Stammtheil an, der bei Culturen im Kalthause ausdauerte; die diesem Stammtheil zugehörige Wurzel wächst mässig, niemals aber bis zur Keulenform, in die Dicke. Seitensprosse gelangen mit dem ersten Vegetationsjahr kaum zur Ausbildung; die auch hier vorzugsweise basalen Knospen entwickeln sich erst im nächsten Sommer. und mit deren Ausbildung gewahrt man gewöhnlich ein theilweises Umlegen der Primäraxe, die Pflanze nimmt einen kriechenden Habitus an. Am Ende der zweiten Vegetationsperiode sind die Seitenaxen, welche mit ihrem unteren Ende dem Boden aufliegen, mit ihrem oberen aufrecht stehen, gewöhnlich eben so stark, wie die Hauptaxe selbst. Die axillären Knospen höherer Blattpaare werden hier gewöhnlich noch nicht entwickelt. Auch dieses Jahr dauerte der primäre Stamm aus, schien aber in seiner Entwicklung bereits etwas zurückgeblieben zu sein.

Ist die Pflanze genügend erstarkt, so blüht sie an dem einen oder andern Zweige bereits im dritten Vegetationsjahr, mit Ablauf desselben sterben fertile wie sterile Zweige ab, nachdem zuvor die Nährstoffe in die, im Laufe der Zeit in die Erde gelangten, basalen Stammtheile, wie deren Wurzeln gewandert sind. Diese unterirdischen Partieen werden als echtes Rhizom entwickelt, sie verdicken sich im weiteren Verlauf der Entwicklung der Pflanze sehr bedeutend und tragen Wurzelorgane, welche mässig, niemals aber auch nur annähernd so bedeutend anschwellen, wie die analogen Organe von *Sedum Telephium*. Die stärksten Wurzeln, welche ich hier fand, besassen eine Dicke von 3—5 Millimeter.

Vergleichen wir hiermit die Entwicklung von *Sedum Telephium*, so ergeben sich sofort wesentliche Verschiedenheiten.

Zunächst ist bei *Sedum Aïzoon* ein frühzeitiges Absterben des primären Stammes, wie dessen Wurzel — die letztere bleibt sogar gewöhnlich mehrere Jahre in Thätigkeit — nicht wahrzunehmen. Alsdann treten physiologische Verschiedenheiten insofern auf, als die gelegentlich der vegetativen Thätigkeit erzeugten Nährstoffe weniger in den Wurzeln als in den unterirdischen Stammtheilen untergebracht werden, die morphologische Ausbildung jener Organe erscheint demgemäss gerade umgekehrt. Während bei *Sedum Telephium* die rübenförmig verdickten Wurzeln in den Vordergrund treten und in bedeutender Anzahl erscheinen, die Träger derselben, also die unterirdischen Rhizomtheile dagegen hinsichtlich ihrer Entwicklung mehr verschwinden und nur soweit Ausbildung finden, als das nöthig ist, um die Verbindung jener Wurzeln einestheils, anderntheils die Ausbildung der Knospen des nächsten Vegetationsjahres zu übernehmen, findet gerade umgekehrt bei *Sedum Aïzoon* eine quantitativ wie qualitativ geringe Entwicklung der Wurzelorgane statt, die unterirdischen Stammtheile sind es dagegen, welche besonders stark verdickt werden; sie dienen hier vorzugsweise als Reservestoffbehälter.

Angelegt sind die genannten Organe bei beiden Species auf dieselbe Art, nur deren weitere Ausbildung führt zu Verschiedenheiten. Gemeinsam werden dagegen bei beiden sämmtliche oberirdische Organe mit jeder Vegetationsperiode eingezogen, die im Boden befindlichen, von der Absterbestelle zur Mutteraxe führenden Stammtheile sind die Träger der im nächsten Jahre über die Erde zu sendenden Sprosse. Ebenso zeigt sich die Wachsthumsrichtung der Stammtheile als keine constante, die basalen Knospen wachsen, in Folge Absterbens der Mutteraxe, in anderer Richtung.

Von den älteren Rhizomen werden, soweit ich das beobachten konnte, nur selten Sprosse über die Erde gesandt. Tritt ein solcher Fall ein, so ist es schwer zu entscheiden, ob der betreffende Spross auf adventivem Wege gebildet wurde, oder ob er seine Entstehung einer normal am Vegetationspunkt angelegten Knospe verdankt, die unentwickelt noch an diesem alten Stammstück vorhanden gewesen ist. Jedenfalls spielen derartige Knospen in dem Leben der Pflanze keine grosse Rolle.

Wir hatten bei *Sedum Telephium* gesehen, dass durch das Eingehen älterer Rhizompartieen eine Isolirung anhängender Theile und damit eine ungeschlechtliche Vermehrung der Pflanze einzutreten pflegt. Bei *Sedum Aïzoon* lässt sich etwas Aehnliches beobachten. Auch hier ist die Gesammtpflanze nicht abgeschlossen, das Rhizom erscheint nach der primären Axe hier offen. Von da nach jüngeren Theilen vollzieht sich der Absterbeprocess der älteren unterirdischen Stammpartieen.

Verschiedenheiten resultiren hier vorzugsweise aus der geänderten morphologischen Ausbildung jener Organe. Das dicke, unterirdische Rhizom von *Sedum Aïzoon* vermag, wenn Krankheitserscheinungen in dessen Gewebe auftreten, längere Zeit auszudauern als die analogen, nur einer verhältnissmässig schwachen Verdickung fähigen Organe von *Sedum Telephium*. Die ältesten, seiner Zeit der primären Axe anstossenden Rhizome der erstgenannten Pflanze schliessen durch Korkzonen die centralen, von Krankheitserscheinungen ergriffenen Gewebe des Markes und des Gefässsystems vom

peripherischen gesunden Gewebe ab, und das letztere vermag sich durch cambiale Thätigkeit noch viele Jahre zu vermehren. Während dies geschieht, erfolgt, gewöhnlich mit jedem Jahr, eine neue Abschnürung centraler Theile, so dass in einem späteren Entwicklungsstadium in dem betreffenden Rhizom eine ringförmige gesunde Gewebelage vorhanden sein kann, welche in eine centrale wie peripherische — auch Aussenkork wird hier reichlich gebildet — borkige Masse eingebettet liegt. Jene Ringzone theilt sich später in einzelne, meist regelmässig kreisförmig angeordnete Gruppen, endlich gehen auch diese ein, das Rhizom ist vollständig abgestorben. Damit werden jüngere, seitlich ansitzende, unterirdische Stammtheile isolirt, die Pflanze vermehrt sich auf ungeschlechtlichem Wege. Je nach dem Standort derselben verfault die ursprünglich secundäre oder tertiäre etc. Axe, oder sie trocknet ein und ist in diesem Falle noch längere Zeit nachweisbar.

Aehnlich den letztgenannten Theilen werden auch die betreffenden seitlichen Glieder jüngeren Datums von Krankheitserscheinungen ergriffen. Während die älteren Rhizompartieen noch theilweise lebensfähig, wird an jenen der Absterbeprocess, durch Isolirung centraler Gewebetheile, bereits eingeleitet, nur die allerjüngsten, etwa ein- bis dreijährigen Rhizomstücke erweisen sich gewöhnlich als völlig von Krankheitserscheinungen der gedachten Art verschont.

In dem unterirdischen Stammapparat von *Sedum Aïzoon* zeigt sich somit ein fortwährendes Absterben älterer Theile zu Gunsten jüngerer. Auch die den betreffenden Rhizomstücken ansitzenden Wurzelorgane trifft ein ähnliches Schicksal, sie lassen vor ihrem völligen Eingehen die in ihnen noch vorhandenen Reservestoffe durch die in der borkigen Grundmasse des älteren Rhizoms noch vorhandenen lebenden Gewebestränge nach jüngeren Theilen gelangen.

Gegenüber *Sedum Telephium* ist bei *Sedum Aïzoon* der Absterbeprocess älterer Rhizome leichter zu verfolgen. Eine Orientirung über diese Theile wird durch die in Minderzahl vorhandenen, niemals aber wie bei *Sedum Telephium* zahlreich und in Gruppen jenes Organ deckenden, Wurzeln erleichtert, endlich lassen sich, da das Rhizom von *Sedum Aïzoon* im Gegensatze zu *Sedum Telephium* sich stark verdickt, aus dessen Stärke leicht Schlüsse auf sein Alter ziehen.

Hinsichtlich der Blattformation steht *Sedum Aïzoon* den unter *Sedum Telephium* zusammengestellten Arten sehr nahe. Auch hier erscheinen die Laubblätter flach ausgebildet, sind dagegen nicht ganz so fleischig entwickelt, wie diejenigen der letztgenannten Formen.

Jenen ähnelt endlich *Sedum Aïzoon* auch darin, dass, hat das Einzelexemplar überhaupt die zum Blühen nöthige Stärke erlangt, fast ausschliesslich fertile Zweige über die Erde gesandt werden.

Die grösste Zahl der Sedumarten stimmt in morphologischer Beziehung weder mit *Sedum Telephium* noch mit *Sedum Aïzoon* überein, wir würden deren Entwicklung ihren Grundzügen nach jetzt zu betrachten haben.

Wydler[1]) bemerkt über das hierhergehörige *Sedum reflexum L.* Folgendes:

„Aus den Cotyledonen und der Stengelbasis entspringt oft eine grössere Anzahl von belaubten, blühenden, den Stengel an Grösse erreichenden Sprossen, wovon aber jeder seine eigene Wurzel erzeugt.

[1]) Flora, bot. Zeitung, 1860, pag. 383.

Diese Wurzeln sind kegelförmig, ganz von der Gestalt der Hauptwurzel. Die blühenden Basilärsprossen bringen aus ihrem untern Theil wieder einzelne dicht beblätterte Laubtriebe. Die Basis sämmtlicher Sprossen legt sich auf den Boden und gibt oberhalb des Blattes und aus den Narben abgefallener Blätter feine, fädliche Wurzelzasern ab, welche die aus den niederliegenden Axentheilen hervorgehenden Sprosse ernähren, bis diese sich selbst bewurzeln. Bereits der Hauptstengel schliesst durch Infloresecenz und Gipfelblüthe ab.“

Anschliessend an diese Angaben Wydler's hätte ich über die hier zu behandelnden Sedum-Arten Folgendes anzuführen:

Aehnlich *Sedum Aïzoon* und *Telephium* erfordert, abgesehen von den wenigen ein- und zweijährigen Species, die Entwicklung der Keimpflanze längere Zeit; es bedarf gewöhnlich einiger Jahre, bis die Pflanze diejenige Stärke erlangt hat, welche sie zum Treiben fertiler Sprosse befähigt.

Der Keimling selbst entwickelt im ersten Vegetationsjahr eine primäre Axe, deren Wurzel wie Stammtheil ausdauert. Die basalen Achselknospen, welche, wie Wydler erwähnt, eine grössere Rolle in der Entwicklung jener Pflanzen spielen, wachsen gewöhnlich im ersten Jahre nicht sehr bedeutend aus, erzeugen dagegen, ähnlich wie das bei dem Keimling von *Sedum maximum* der Fall war, Wurzeln, die, wie wir sehen werden, sich verschieden entwickeln können. Im ersten Vegetationsjahr steht die Hauptaxe gewöhnlich aufrecht, im zweiten liegt sie mit ihrem basalen, die Seitentriebe tragenden, Theile dem Boden an, während ihr oberes, weiterwachsendes Ende sich aufrichtet. Aehnlich verhält es sich mit den Basalsprossen, welche weiterwachsend die Grösse der primären Stammaxe erreichen und an ihren unteren, der Erde anliegenden Partieen ebenfalls Knospen anlegen und später zur Ausbildung bringen.

Die den Basalpartieen des Stammes entspringenden Wurzelorgane besitzen entweder die Fähigkeit, auszudauern und sich bis zu mässiger Stärke zu verdicken, oder sie bleiben auf einer frühen Entwicklungsstufe stehen und sterben alljährlich ab, um in der nächsten Vegetationsperiode durch neue ähnliche Gebilde ersetzt zu werden. Erstere Wurzeln sind gewöhnlich in Minderzahl an den kriechenden Stämmen vorhanden, letztere, von Wydler als fadenförmige Wurzeln beschrieben, erscheinen, besonders wenn die Pflanze bereits älter geworden ist, in grosser Zahl vorzugsweise an jüngeren der Erde anliegenden Stammpartieen.

Ein regelmässiges Absterben der Primäraxe war bei den hier zu betrachtenden Sedum-Arten nicht wahrzunehmen. Wenn auch bei manchen Pflanzen jene in späteren Vegetationsperioden, und zwar ohne geblüht zu haben, zu Grunde ging, so schien das mehr Ausnahme als Regel zu sein. Gewöhnlich setzte dieselbe ihr Wachsthum weiter fort, endlich bildete sie häufig nicht nur ihre basalen Knospen zu Seitenzweigen aus, es folgten diesen auch diejenigen höher stehender Blätter, bis, mit oder nach Eintritt der Keimpflanze in die Blüthenperiode, durch die Bildung einer Gipfelblüthe ihre Entwicklung ihren Abschluss erreichte. Nachdem der Hauptspross geblüht und Samen erzeugt, stirbt er bis nahe dem Boden ab, diejenigen seiner basalen Theile, welche demselben anliegen und Seitensprosse tragen, dauern aus. Aehnlich dem Hauptspross verhalten sich die Seitenaxen,

welche fertil ausgebildet werden; wie jener sterben sie nach Erfüllung ihrer physiologischen Functionen bis zu ihren Basalknospen ab.

Hat die Pflanze ein gewisses Alter erreicht, so erzeugt dieselbe entweder überwiegend sterile Stämmchen oder diese und die fertilen finden sich in etwa gleicher Zahl an ihr vor. Wie aus dem Gesagten bereits hervorgeht, können fertile Bildungen ihre Wachsthumsrichtung nicht beibehalten; deren basale Knospen folgen einer neuen Richtung. Anders die sterilen Stämme. Jene wachsen an ihrer Spitze fort, legen sich, nachdem sie eine bestimmte Länge erreicht oder überschritten, basal der Erde an, um hier ihre Axillarknospen zu fertilen oder sterilen Stämmchen zu entwickeln, die, je nachdem sie sich auf die eine oder andere Art ausbilden, sich der Mutteraxe oder den ersterwähnten Sprossen im ferneren Verlauf ihrer Entwicklung gleich verhalten. Die Gesammtmasse des auf der Erde kriechenden Stammapparates wird somit zum grossen Theil durch jene sterilen, weiterwachsenden Bildungen erzeugt, in geringerem Grade betheiligen sich hieran die blüthetragenden Zweige, welche an ihren Basalpartieen weniger Knospen tragen oder zu entwickeln vermögen. Durch jenes Verhalten steriler und fertiler Sprosse wird ein reich verzweigter oberirdischer Stammapparat construirt. Während die sterilen derartigen Bildungen denselben, in Folge des Beibehaltens einer bestimmten Wachsthumsrichtung, mehr räumlich vergrössern, tragen die fertilen Sprosse, die ihre Seitentriebe in anderer Richtung entwickeln, dazu bei, dass ein Geflecht durch- und untereinanderwachsender, kriechender Stämme entsteht, dass ein Rasen gebildet wird, der sich mit der Zeit noch dadurch complicirt, dass in ihm aus abgefallenen Samen neue Pflanzen entwickelt werden.

Der Gesammthabitus ist somit sofort von dem der in den beiden ersten Gruppen betrachteten Sedum-Arten zu unterscheiden.

Während bei *Sedum Telephium* die Stammentwicklung zurücktritt, die Wurzelorgane dagegen bevorzugt und hauptsächlich als Reservestoffbehälter benutzt werden, hat bei *Sedum Aïzoon* die Ausbildung des unterirdischen Stammapparates schon wesentliche Dimensionen angenommen, die Wurzelbildung ist eine geringere geworden. Das Rhizom fungirt in Folge seines bedeutenden Dickenwachsthums als Reservestoffbehälter. Bei allen den Arten der zuletzt betrachteten Klasse, und hierher stelle ich sämmtliche rasenbildende Species, zeigt sich endlich die Stammentwicklung als am vollkommensten. Es wird hier im Gegensatz zu *Telephium* und *Aïzoon* ein oberirdischer Stammapparat erzeugt, dessen jüngste Theile aufrecht stehen, dessen ältere dem Boden anliegend, durcheinander gewachsen sind. Weder die Wurzel noch der oberirdisch kriechende Stamm wird, wie das bei *Telephium* und *Aïzoon* der Fall war, in Bezug auf Dickenwachsthum bevorzugt, der letztere verdickt sich mit seinen Dauerwurzeln mässig, erscheint dagegen quantitativ in seiner Entwicklung begünstigt und in Folge dessen ebenso zur Bergung der Nährstoffe geeignet.

Sehr in's Auge fallend ist das Ausdauern der sterilen Stämme der rasenbildenden Sedum-Arten. Während *Sedum Telephium* und *Aïzoon* mit jedem Jahre sämmtliche oberirdische Theile einziehen, gilt das bei der zuletzt von uns betrachteten Gruppe nur für die sterilen Sprosse, ferner dauert bei der letzteren die Primäraxe der Keimpflanze aus, während sie bei *S. Aïzoon* und *Telephium* in der ersten oder zweiten Vegetationsperiode zu Grunde zu gehen pflegt.

Endlich kommt für die rasenbildenden Formen das Auftreten der jährlichen Saugwurzeln als neues Moment in Betracht.

Gegenüber diesen Verschiedenheiten ergeben sich dagegen auch Uebereinstimmungen. Diese treffen vorzugsweise die basale Sprossbildung, welche, einerlei ob der kriechende Stammapparat über oder unter der Erde, den Repräsentanten der Gattung *Sedum* eigen zu sein pflegt. Modificirt wird jene durch die sterilen Bildungen der letztbetrachteten Gruppe der Sedum-Arten, die abgesehen von ihren erst angelegten Basalknospen auch Knospen höherer Blätter zu entwickeln vermögen. Die fertilen derartigen Bildungen verhalten sich dagegen ähnlich den jungen Sprossen von *Sedum Telephium* und *Aïzoon*; nur vollziehen sich diese Vorgänge in einem Falle über, im andern unter der Erde.

Endlich findet auch bei den rasenbildenden Sedum-Arten ein Absterben älterer Stammtheile und mit ihm eine ungeschlechtliche Vermehrung der Pflanze statt. Jenes Absterben dürfte ebenfalls von der Primäraxe ausgehen, die, wenn sie auch lange Zeit ausdauern kann, doch, sobald sie einmal geblüht, bis zur Basis eingehen muss. Untersucht man noch nicht zu alte Stöcke der hierhergehörigen Species, so lassen sich die der Erde anliegenden Stammtheile gewöhnlich nur bis zu einer gewissen Stelle verfolgen und endigen alsdann. Hat der Standort der Pflanze dies begünstigt, so findet man meistens noch anhaftende, eingetrocknete Stammstücke welche den Beweis liefern, dass hier ehemals ein Zusammenhang mit anderen Theilen vorhanden gewesen ist. Bei älteren Exemplaren lässt sich ein solches Verhältniss kaum mehr constatiren, da alte und junge Stämme dann gewöhnlich so untereinander gewachsen, ausserdem durch Keimpflanzen neue Stämme innerhalb des Rasens zur Ausbildung gelangt sind, dass eine genaue Orientirung äusserst schwer fällt oder unmöglich wird.

Verfolgt habe ich in Bezug auf ihre Entwicklung *Sedum spurium Bieb., rupestre L., album L., anopetalum DC., dasyphyllum L.* u. a.

Hinsichtlich der Blattform der in die dritte Gruppe zu stellenden Arten wäre zu erwähnen, dass hier die cylindrisch-nadelförmige Gestalt vorherrscht, indessen sind auch Fälle nicht ausgeschlossen, in welchen eine flache Entwicklung des Blattes erfolgt.

Bei der grossen Anzahl der eigentlich typischen rasenbildenden Sedum-Arten treten nun kleinere morphologische Verschiedenheiten zu Tage, welche die Aufstellung von Unterabtheilungen rechtfertigen dürften. Ich will hier nur auf einige der auffälligsten aufmerksam machen.

Zunächst erscheint *Sedum populifolium*, ganz abgesehen von der flachen Blattconstruction, ferner dem hier, gegenüber andern untersuchten Arten, sehr prägnant ausgebildeten Blattstiel, dadurch ausgezeichnet, dass es eine feste, holzige Textur seiner Stammtheile sehen lässt. Mit dieser Structur ist eine aufrechtere Haltung der Gesammtpflanze verbunden, der kriechende Habitus mehr verwischt. Die oberirdischen Theile sind, vermöge ihrer grösseren Festigkeit, gegenüber äusseren Einflüssen besser geschützt.

Endlich ist das sonst der Gruppe der rasenbildenden Arten typische Absterben der fertilen Stämme hier nur noch rudimentär und insofern vorhanden, als nur kurze unterhalb der Inflorescenz liegende Stammpartieen mit in den Absterbeprocess hineingezogen werden.

Aehnlich *Sedum populifolium* scheint sich nach De Candolle[1]) *Sedum nudum* zu verhalten, das mir zur Untersuchung leider nicht zur Verfügung stand. Nach seinen Mittheilungen zeichnet sich diese Species vor allen übrigen Sedum-Arten besonders durch eine holzige Beschaffenheit aus. Auffallend ist, dass De Candolle, obwohl er von *Sedum populifolium* eine Abbildung gibt, nicht auch hier die holzige Beschaffenheit des Stammes mehr hervorhebt. In Bezug auf jene Pflanze heisst es da, dass deren Stamm nur wenig holzig erscheine, eine Angabe, die wohl für deren jüngste Triebe, weniger aber für die die Hauptmasse der Pflanze ausmachenden älteren Stammtheile bezeichnend sein dürfte.

Im Allgemeinen scheinen jene holzigen Formen, die sich hinsichtlich ihres vollkommneren Baues an die Spitze der hier zuletzt betrachteten Arten, anstossend an die unter *Sedum Aïzoon* betrachtete Gruppe, stellen lassen, wenig vorzukommen. Weitaus zahlreicher sind die kriechenden, einen dichten Rasen bildenden Species mit quantitativ bedeutend entwickelten, leicht holzig bis fleischigen Stämmen.

Als einfachste Formen, bei der kurzen Lebensdauer häufig unter Zurücktreten des kriechenden Habitus, müssen endlich die ein- bis zweijährigen Arten genannt werden.

Hierher gehören *Sedum stellatum L., atratum L., annuum L., villosum L., saxatile L.* u. a.

Von *Sedum stellatum* gibt Wydler[2]) an, dass die meisten Keimpflanzen, inclusive der Cotyledonen, fünf Blattpaare erzeugen, worauf die Gipfelblüthe folgt. Eine starke Seitenverzweigung ist hier nicht vorhanden, zarte Wurzelfasern brechen zwischen der Hauptwurzel, die ziemlich schmächtig erscheint, und dem hypocotylen Glied hervor.

Gegenüber jener einjährigen Form zeigt sich bei dem zweijährigen *Sedum hispanicum L.*[3]) eine ergiebigere Entwicklung von Seitensprossen. Am Ende des Stengels wie der Bereicherungssprosse drängen sich die Blüthenzweige meist zu drei doldig zusammen. Die fertilen Stämmchen sterben auch hier nach Erfüllung ihrer physiologischen Function ab, die sterilen derartigen Theile dauern bis in's zweite Jahr aus.

Aehnlich *Sedum stellatum* verhalten sich *Sedum atratum L., Cepæa L.* und *saxatile L.* Dem zweijährigen *S. hispanicum* stehen näher die Arten *annuum* und *villosum.*

Dies wäre das Wesentlichste, was ich über die allgemeinen morphologischen Verhältnisse der Gattung *Sedum* anzuführen hätte. Es bleibt mir noch übrig, kurz der einschlagenden Literatur hier zu gedenken.

Zunächst wäre De Candolle zu erwähnen, welcher in seiner „*Histoire des plantes grasses*" von 16 Sedum-Arten Abbildung und Diagnose gibt.

In einer weiteren Arbeit[4]) beschäftigt sich dieser Autor eingehender mit der Morphologie der Crassulaceen, speciell auch mit derjenigen der Gattung *Sedum.*

[1]) *Histoire des plantes grasses.*

[2]) a. a. O., pag. 379.

[3]) Man vergl. Wydler a. a. O., pag. 380 und Koch, Synopsis der deutschen u. schweizer Flora, 1838, pag. 259.

[4]) De Candolle. *Mémoire sur la famille des Crassulacées.* Paris 1828 *(Mém. coll. n. II).*

Im Hinblick auf die Crassulaceen überhaupt wird auf die Leichtigkeit hingewiesen, mit der Stammtheile jener Pflanzen Adventivwurzeln zu treiben vermögen, die entweder ausdauern und sich verdicken oder dünnfaserig bleiben, jedes Jahr absterben, um in der nächsten Vegetationsperiode durch neue ähnliche Gebilde ersetzt zu werden, Verhältnisse, die, soweit sie die Gattung *Sedum* betreffen, bereits ausführlich erörtert wurden.

Die Angaben De Candolle's auf dem Gebiete der Blüthenmorphologie, mit der wir uns erst in einem späteren Kapitel zu beschäftigen haben werden, ebenso dessen Classificirung der Crassulaceen, möchte ich hier übergehen und hier nur der Eintheilung gedenken, die De Candolle speciell den Sedum-Arten zu Theil werden lässt.

Wohl mit Recht erscheint De Candolle eine auf der flachen oder cylindrischen Ausbildung des Laubblattes basirende Eintheilung, wie sie von Haworth[1]), später auch von andern Autoren gegeben wurde, etwas künstlich, er versucht es, indem er aus Nützlichkeitsgründen diese bis zu gewissem Grade mit heranzieht, die Arten unserer Gattung in folgende fünf Gruppen unterzubringen:

I. *Les espèces herbacées à feuilles planes et à fleurs jaunes ou jaunâtres:*
Sedum Rhodiola, Aïzoon, hybridum etc.

II. *Les espèces herbacées à feuilles planes et à fleurs blanches, rouges ou bleues:*
Sedum Telephium, Cepœa etc.

III. *Les espèces herbacées à feuilles cylindriques et à fleurs blanches, rouges ou bleues:*
Sedum cœruleum, album, rubens etc.

IV. *Les espèces herbacées ou presque herbacées à fleurs jaunes ou jaunâtres.*
Sedum acre, rupestre, anopetalum etc.

V. *Les espèces ligneuses dont la tige persiste même dans la partie qui a porté les pédoncules floraux:*
Sedum nudum, oxypetalum etc.

De Candolle unterscheidet somit krautige (I—III), nahezu krautige (IV) und holzige Formen (V). Erstgenannte Gruppen unterliegen einer Specialeintheilung, welche auf der Blattform basirt (I u. II gegenüber III). Endlich entscheidet die Farbe der Blüthe hinsichtlich der Classificirung unter Gruppe I u. II.

Jener Eintheilung liegt somit die krautige, sowie die mehr oder minder holzige Beschaffenheit der Stammorgane zu Grunde, und hierüber würde Folgendes zu bemerken sein.

Zunächst erscheint mir nur eine sichere Unterscheidung zwischen den von De Candolle als „*espèces herbacées*" und „*ligneuses*" aufgestellten Gruppen (I—III gegenüber V) möglich. Die Uebergangsform „*espèces herbacées ou presque herbacées*" (IV) dürfte hinsichtlich der hier unterzubringenden Arten ihre Schwierigkeiten haben, da, wie wir später noch genauer sehen werden, bezüglich der Vertheilung und Ausbildung der jene Eigenschaft bedingenden mechanischen Zellformen bei allen Arten Uebergänge zu constatiren sind. So erscheint beispielsweise der oberirdische, blüthetragende Stamm

[1]) Haworth. *Synopsis plantarum succulentarum.*

von *Sedum Aïzoon* (Gr. I) mindestens von ebenso fester Structur, wie die analogen Organe von *Sedum acre, rupestre* oder *anopetalum* (Gr. IV, DC.).

Die grössere Menge der Sedum-Arten würde als *„espèces herbacées“* zu bezeichnen sein, nur die wenigen entschieden holzigen Formen, z. B. *Sedum populifolium*, nach De Candolle auch *S. nudum* und *oxypetalum*, wären mit Sicherheit von jenen auszuscheiden. Für erstere wird somit die flache oder cylindrische Ausbildung des Blattes, die bereits Haworth seiner Eintheilung zu Grunde legt, wieder herangezogen werden müssen, welche, wie im Eingang bemerkt wurde, De Candolle selbst für eine wenig natürliche hält, die, wie wir aus den Betrachtungen des vorliegenden Kapitels gesehen haben, kein charakteristisches Merkmal für die da aufgestellten morphologischen Gruppen abgibt. Die unter *Sedum Telephium* zusammengestellten Arten besassen durchgängig flache Blätter, das Gleiche gilt von *Sedum Aïzoon*, die grosse Abtheilung der rasenbildenden Sedum-Arten endlich zeigt im Grossen und Ganzen zwar ein cylindrisches bis nadelförmiges Blatt, eine nicht unbedeutende Minderzahl derselben schliesst sich in Bezug auf Blattform den erstgenannten Gruppen an. Letzteres gilt von *Sedum populifolium*, unter den typischen, rasenbildenden Arten von *Sedum spurium*; endlich verhalten sich ähnlich die ein- bis zweijährigen Species *stellatum, Cepæa* u. a.

Eine natürlichere, den morphologischen Verhältnissen mehr angepasste Eintheilung scheint mir diejenige zu sein, welche Koch in seiner Synopsis der deutschen und schweizer Flora der Gattung *Sedum* gibt.

Dieser Autor[1]) unterscheidet folgende drei Gruppen:

I. Rotte: **Telephium** mit den Arten *maximum Sut., Telephium L., Fabaria* und *Anacampseros L.*

Wurzel stark, ästig, vielköpfig. Keine über der Erde kriechende Stämmchen. Die Wurzel treibt im Herbste neue Knospen oder Schösslinge, die im künftigen Jahre hervorsprossen, während die jährigen absterben.

II. Rotte: **Cepæa** mit den ein- oder zweijährigen Species *stellatum L., Cepæa L., hispanicum L., villosum L., atratum L.* und *annuum L.*

Wurzel dünn. Der Stamm einzeln, einfach oder von der Basis an in Aeste oder Nebenstengel getheilt; die kriechenden Stämmchen fehlend. Wurzel ein- oder zweijährig mit dem fruchttragenden Stamm absterbend, seltener mit einem oder dem anderen wurzelständigen aufrechten Aste versehen und mit diesem in das dritte Jahr dauernd.

III. Rotte: **Seda genuina** mit *Sedum album L., dasyphyllum L., acre L., sexangulare S., repens Schleich., anopetalum DC., reflexum L., elegans Lej.*

Die Wurzel treibt einen Rasen von kriechenden Stämmchen und aufstrebenden Stengeln. Die blühenden Stämme treten zwischen den beblätterten hervor. Die nichtblühenden Aeste dauern über der Erde fort, die blühenden sterben jährlich ab.

[1]) a. a. O., pag. 258.

Die Gruppe *Telephium*, die auch ich im Eingang auf Grund entwicklungsgeschichtlicher Untersuchung aufgestellt habe, ist hier ebenfalls fixirt. Die Rotte II u. III, deren Repräsentanten sich im Grossen und Ganzen morphologisch nur in Folge grösserer oder geringerer Lebensdauer von einander unterscheiden, sind oben unter den rasenbildenden Arten zusammengefasst worden, eine Eintheilung, die auch von Ascherson[1]) angenommen ist und die sich somit füglich als die praktischste erweisen dürfte.

Sedum Aïzoon endlich findet sich als nicht einheimisch in den erwähnten Floren nicht vor.

Im Hinblick auf das in diesem Kapitel Angeführte dürfte sich die Uebersicht der uns beschäftigenden Formen folgendermassen geben lassen.

In die erste Gruppe würden im Hinblick auf Entwicklungsgeschichte und äussere Morphologie die unter *Sedum Telephium* zusammengestellten Arten mit folgenden Kennzeichen zu bringen sein.

Das unterirdische Rhizom ist schwach entwickelt und verdickt sich nur unwesentlich, ihm haften in Gruppen die fingerdicken, rübenförmig angeschwollenen Wurzeln in grosser Menge an. Alle oberirdischen Theile werden mit Ende jeder Vegetationsperiode eingezogen, die basalen in der Erde nach der Mutteraxe führenden Rhizompartieen tragen axillär Knospen, welche im nächsten Jahr austreibend sich fast ausschliesslich zu fertilen Stämmchen entwickeln. Das Absterben jener Theile und die basale Sprossbildung wiederholt sich mit jedem Jahr; die älteren Rhizome der Vorjahre treiben nur ausnahmsweise Sprosse und fungiren als Träger der in grosser Menge vorhandenen Wurzeln. Die Laubblätter erscheinen flach ausgebildet und sind mehr oder minder fleischig entwickelt.

Sedum Aïzoon würde als Repräsentant der zweiten Gruppe betrachtet werden können.

Die Anlage der jungen Sprosse, wie der Wurzeln, stimmt hier mit den Species der ersten Gruppe überein, die weitere Ausbildung beider differirt, denn während bei *Sedum Telephium* der umfangreiche Wurzelapparat in den Vordergrund tritt, während jene Organe zum grössten Theil als Reservestoffbehälter fungiren, werden bei *Sedum Aïzoon* die aus den jährlich absterbenden oberirdischen Theilen in den Boden wandernden Nährstoffe in dem einer bis zu 2 Centimeter starken Verdickung fähigen Rhizome niedergelegt, die Wurzeln erlangen nur unbedeutende Stärke.

Die Laubblätter von *Sedum Aïzoon* sind in Bezug auf die Blattform ähnlich entwickelt, wie diejenigen von *Sedum Telephium*, erscheinen dagegen häufig weniger succulent.

Beiden Gruppen ist ein Absterben älterer Rhizompartieen zu Gunsten jüngerer eigen, das sich bei *Sedum Telephium* gewöhnlich rascher, bei *Sedum Aïzoon* langsamer vollzieht und eine Isolirung seitlicher Glieder und damit eine ungeschlechtliche Vermehrung der Pflanze zur Folge hat.

In die dritte, letzte und grösste Gruppe endlich würden die eigentlich typischen, rasenbildenden Arten mit perennirenden oberirdischen Stammtheilen zu stellen sein. Hier tritt quantitativ der kriechende, auf dem Boden liegende Stammapparat in den Vordergrund, dessen jüngste Theile zunächst aufrechte Stellung nehmen, und sich bei Erlangung einer bestimmten Grösse basal der Erde anlegen; vorzugsweise hier werden Seitentriebe erzeugt, die, soweit sie fertiler Natur, mit jeder Vegetationsperiode

[1]) Ascherson. Flora der Provinz Brandenburg, pag. 229.

bis zum Boden absterben und im ersten Jahr da die Basalknospen zur Entwicklung bringen. Die in grosser, oft in überwiegender Zahl vorhandenen sterilen Bildungen, welche, bis auch sie früher oder später zum Blühen gelangen, eine bestimmte Wachsthumsrichtung unter räumlicher Vergrösserung der Gesammtpflanze verfolgen, entwickeln seitlich ebenfalls Sprosse, welche, je nachdem sie sich später fertil oder steril ausbilden, ihrer Mutteraxe oder den ersterwähnten Bildungen gleich sich verhalten. Der ältere Theil des Stammapparats trägt mässig verdickte Wurzeln; vorzugsweise an den jüngeren, der Erde anliegenden Theilen desselben werden jährlich absterbende, zarte Saugwurzeln gebildet.

Die typische Blattform ist die cylindrisch-nadelförmige, indessen kommen auch Formen mit mehr flachen Blättern hier vor.

An die Spitze jener Gruppe, anschliessend an die unter II u. I betrachteten Species, dürfte *Sedum populifolium* zu stellen sein. Hier ist in Folge der stärkeren Holzbildung und der damit verbundenen festeren Structur des Stammapparates der kriechende Habitus mehr verwischt, diese Theile stehen mehr aufrecht, der Absterbeprocess der fertilen Stämme kommt kaum über die florale Region hinaus.

Die grosse Zahl der eigentlich typischen Sedum-Arten, für welche die im Eingang gegebene Diagnose vollständig passt, reiht sich alsdann an. Endlich folgen diejenigen Formen, welche in Folge ihrer geringen Lebensdauer einen ausgiebigen oberirdischen Stammapparat nicht erzeugen können, morphologisch aber sonst keinen Grund zu einer besonderen Classificirung abgeben.

Auch hier finden sich Uebergänge zu den vieljährigen Species vor. Während *Sedum atratum* kaum einen liegenden Stamm aufweist, erinnert *Sedum saxatile*[1]) in dieser Hinsicht an die genannten Arten.

Hiermit dürften die morphologischen Erörterungen zu beenden sein. In weiteren Kapiteln der vorliegenden Arbeit werden wir dem entwicklungsgeschichtlich-anatomischen Verhalten unserer Pflanzengruppe näher zu treten und zu sehen haben, inwieweit sich dieses der äusseren Gestaltung anschliesst. Ich werde, umgekehrt wie in der zuletzt gegebenen Uebersicht, mit den in Mehrzahl vorhandenen rasenbildenden Sedum-Arten beginnen und von da zu *Sedum Aïzoon* und *Telephium* aufsteigen. Endlich soll, nachdem in dieser Anordnung die Entwicklung von Stamm und Wurzel erledigt, die Anatomie der Laubblätter, sowie der Hochblätter und mit letzterer die Blüthenmorphologie, die Embryologie und Fruchtentwicklung ihre Behandlung finden.

[1]) Man vergl. De Candolle, *Histoire des plantes grasses.*

III. Bau und Entwicklung des Stammes und der Wurzel von Sedum spurium Bieb.

1. Der Vegetationspunkt; Anlage der Gefässbündel.

Die Beobachtung geeigneter Längsschnitte durch die Sprossspitze von *Sedum spurium* lehrt, dass die Anordnung der Zellen hier dem von Hanstein[1]) für die Phanerogamen gegebenen Schema entspricht. Am typischsten verhält sich das Dermatogen, das, lediglich mit Radialtheilung ausgestattet, den Scheitel des Vegetationspunktes überzieht. Ihm schliessen die Initialen des Periblems an, welche unterhalb des Vegetationspunktes in zwei, deutlich schichtenförmige Anordnung besitzende, Lagen gesondert sind. Diese Lagen zeigen hier ähnliche Theilungen, wie das Dermatogen, seitlich dagegen treten Längstheilungen, welche die Verdoppelung etc. der Periblemcurven zur Folge haben, auf. Eine dritte Periblemlage war mit Sicherheit, unterhalb des Vegetationspunktes, nicht zu constatiren. Die hier vorhandenen Zellen liessen schon die Unregelmässigkeit der Zelltheilung sehen, welche den Initialen des centralen Pleromkörpers eigen sind, sie würden als Uebergang zu jenem zu bezeichnen sein. Die Anfangszellen des Pleroms zeigen in ihrer Anordnung ganz das von Hanstein geschilderte Verhalten.

Weit eigenthümlicher als die Zellanordnung erscheint das Wachsthum des Vegetationspunktes von *Sedum spurium*. Die Sprossspitze entwickelt sich hier, unter Anlage von Blattorganen, nicht continuirlich weiter, sie lässt in ihrem Wachsthume zeitweise nach, und während einer solchen Periode tritt die Ausbildung der jungen Blattorgane in den Vordergrund. Alsdann zeigt sich der Vegetationspunkt als unbedeutende Kuppe, auf der links wie rechts die sehr bedeutend entwickelten jüngsten Blätter stehen, in deren Bildung ersterer zum grossen Theil aufgegangen ist.

Ein ähnliches Verhältniss hat Vöchting[2]) für die *Melastomeen*, speciell für *Centradenia floribunda* nachgewiesen.

Auch hier zeichnet sich der flache, sehr kleinzellige Vegetationspunkt durch ein rhythmisch

[1]) Hanstein. Die Scheitelzellgruppe am Vegetationspunkt der Phanerogamen.

[2]) Vöchting. Der Bau und die Entwicklung des Stammes der *Melastomeen*. Botanische Abhandlungen von Hanstein, Bd. III, Heft 1.

gefördertes und verlangsamtes Wachsthum aus. Während des verlangsamten Wachsthums der Sprossspitze erheben sich die jungen Blätter über sie, und „zwischen zwei beträchtlich weit entwickelten Blättern trifft man einen kleinen Scheitel, der nur schwach nach oben gewölbt ist[1])“. Jenen Blättern gekreuzt, entstehen zwei neue Blattorgane. „Wie durch einen Druck getrieben, hebt sich der mittlere Theil des Vegetationspunktes, mit der Hebung läuft eine entsprechend rasche Verbreiterung des Scheitels, besonders senkrecht zur Richtung des vorigen Blattpaars, parallel.“ Es entstehen alsdann die neuen Blätter. „Sie überragen bald den mittleren Theil des Scheitels, wachsen rasch in die Länge und haben den eigentlichen Vegetationspunkt als anfangs flache, dann immer tiefer werdende Furche zwischen sich.“ Während der Blattanlage geht die Sprossspitze fast vollständig in jene Bildung auf.

Ganz ähnlich verhält sich nun *S. spurium* und, wie ich mich überzeugte, auch andere Sedum-Arten. Ein geeignetes Präparat der erstgenannten Pflanze, zur Zeit des verlangsamten Wachsthums des Vegetationspunktes, ähnelt ganz der in Fig. 4, Taf. I von Vöchting gegebenen Abbildung. Ich habe, im Hinblick hierauf, das Zeichnen einer derartigen Sprossspitze unterlassen und verweise auf die angeführte Figur.

Ein weiteres Aufgehen des Stammscheitels in die Blattbildung, wie das beispielsweise die citirte Zeichnung Vöchting's ausdrückt, habe ich an *Sedum spurium* nicht wahrnehmen können. Es fanden sich immer noch, selbst zur Zeit des verlangsamten Wachsthums des Vegetationspunktes, Andeutungen des Stammscheitels vor.

Gehen wir jetzt dazu über, die Anordnung der Zellen des Vegetationpunktes an geeigneten Querschnitten etwas näher zu betrachten.

Nachdem man den Scheitel des Sprosses, sowie die seitlich anliegenden Blattorgane abgehoben hat, erlangt man Schnitte, welche bereits die Vereinigung der jüngsten Blätter mit der jungen Axe zeigen. In Fig. 1, Taf. I, ist ein derartiger Querschnitt gezeichnet, dessen Umriss eine etwa elliptische Gestalt besitzt. Diese Form ist durch die Blattentwicklung bedingt; in der Richtung der grossen Axe der Ellipse sitzen jene Organe an, in der Richtung des kleineren Durchmessers derselben entwickeln sich etwas später die mit den ersten gekreuzt stehenden Blätter.

Am schärfsten gesondert erscheint bei derartigen Schnitten das in lebhafter radialer Theilung befindliche Dermatogen. Unter demselben liegen drei bis vier Periblemschichten, welche, besonders an den Stellen des grössten Längendurchmessers, deutliche Reihenanordnung mit einer dem Dermatogen entsprechenden Theilungsrichtung besitzen. Die in Bezug auf die Stammaxe radial gestellten Wände jener Reihen zeigen hier eine scharf regelmässige Anordnung. Tangentialtheilungen unter Vermehrung der betreffenden Schichten kommen meist nur in der Richtung des kleineren Durchmessers der Ellipse, also an den Stellen (*c*, Fig. 1, Taf. I) vor, an welchen sich die weiteren Blattpaare bilden. Durch jene Theilung wird alsdann die junge Axe von der elliptischen zur kreisrunden Gestalt übergeführt.

[1]) a. a. O., pag. 19—20; man vergl. auch Fig. 4, Taf. I.

Das centrale Gewebe beginnt in einem derartigen Entwicklungszustand bereits mit Vergrösserung seiner Zellen. Die Theilungen innerhalb jener Gewebepartie hören auf, deren Zellelemente besitzen eine polyedrische Gestalt.

Intercellularräume finden sich zwischen den jungen Zellwänden noch nicht vor. Erst später werden solche hier gebildet.

Die Anlage der procambialen Stränge beginnt unter den jüngsten Blättern, also in unserer Zeichnung in der Richtung des grossen Längendurchmessers der Ellipse bei *a*. Es treten Theilungen ein, welche die Bildung eines kleinzelligen, unregelmässigen Gewebes zur Folge haben, es werden Stränge angelegt, welche als Blattspuren der betreffenden beiden Blätter zu betrachten sind. Diese Procambiumstränge werden, gemäss der Entstehung der Blattorgane, nicht vollständig gleichzeitig und räumlich gleich gross entwickelt, das Bündel auf der linken Seite unserer Figur bei *a* ist, als dem etwas früher entstandenen Blatte angehörig, in dieser Hinsicht bevorzugt.

Die Procambiumstränge des später hinzutretenden Blattpaares bilden sich gekreuzt mit den ersten Strängen in der Richtung der kürzeren Axe der Ellipse (*b*, Fig. 1, Taf. I) aus. In unserer Zeichnung finden sich gerade die ersten Theilungen an jenen Stellen ein, deren weitere Entwicklung an einem tiefer genommenen Querschnitt zu verfolgen sein wird. Ein derartiges Präparat ist in Fig. 2, Taf. I gezeichnet, und es zeigt sich hier, dass die procambialen Theilungen nicht nur der letztentstandenen, sondern auch der früher gebildeten Stränge weiter fortgeschritten sind, ohne dass hierbei eine interfasciculare Vereinigung der hier vorhandenen vier Procambiumstränge stattgefunden hat. In den einzelnen Bündeln haben sich bereits central die ersten Gefässe ausgebildet *(d)*, endlich zeigt sich in den meisten Strängen schon peripherisch *(e)* die Anlage von Weichbast.

Die Sonderung in Mark und Rinde ist in diesem Entwicklungsstadium bereits eingetreten. Die Zellelemente ersterer Gewebeart vergrössern sich, nehmen runde Gestalt an und lassen die ersten Intercellulargänge zwischen sich entstehen. Etwas Aehnliches findet in denjenigen inneren Rindelagen statt, welche an die Procambiumstränge stossen. Auch hier sind die Theilungen eingestellt, die Zellen, welche weniger als in den peripherischen Partieen die schichtenförmige Anordnung sehen lassen, gehen von der polyedrischen in die runde Zellform über, und mit Annahme dieser bemerken wir auch Intercellularräume der genannten Art. Der inneren Rindenlage folgt die äussere, die hier noch deutliche Reihenanordnung zeigenden Periblemschichten geben nach und nach ihre radialen Theilungen auf, runden ihre Zellform ab und lassen Intercellularräume zwischen sich entstehen. Die Epidermis endlich verharrt noch am längsten im theilungsfähigen Zustand, endlich erlischt auch dieser.

Hat einmal die Rinde den eben geschilderten Bau angenommen, so ist mit ihm auch die in früheren Stadien ziemlich scharf sichtbare concentrische Reihenanordnung der Zellen verschwunden. Es lassen sich nicht mehr die einzelnen äusseren Periblemlagen als gleichlaufend mit der Epidermis verfolgen, durch Abrundung und Verschiebung sind die Zellen aus ihrer früheren Lage gebracht worden. Die Verdickung ihrer Membranen endlich beginnt mit jenem Stadium.

In Figur 3 Tafel I hat ein tiefer liegender Querschnitt von *Sedum spurium* Abbildung gefun-

den, dessen Rindengewebe nicht völlig gezeichnet ist, indessen die oben geschilderte Structur deutlich sehen lässt. Von Interesse erscheint hier das Gefässsystem. Die Gefässbildung schritt, im weiteren Verlauf der Entwicklung der Sprossspitze, von innen nach aussen fort, dessgleichen in umgekehrter Folge die Anlage von Weichbast (*e* Fig. 3 Taf. I). Die procambialen Stränge, in denen die Uebergänge zum definitiven Gefässsystem sich vollzogen, haben seitlich Erweiterungen erfahren. Die interfascicularen Gewebepartieen wurden in die procambiale Umwandlung hineingezogen, aus den ursprünglich isolirten Strängen ist ein Procambiumring entstanden, dessen interfasciculare Partieen dagegen nicht völlig die den fascicularen Theilen eigne Kleinzelligkeit des Gewebes besitzen. In ersteren Partieen (*f* Fig. 3 Taf. I) treten keine neuen stammeignen Gefässbündel auf, der Stamm von *Sedum spurium* lässt auch in späteren Entwicklungsstadien nur vier Gefässstränge sehen, und diese sind seiner Zeit unter dem Vegetationspunkt entstanden. Von jenen Gefässbündeln zeigen die nach dem geschilderten Entwicklungsgange erstentstandenen, opponirten Stränge (*a*) eine intensivere Entwicklung, während an den jenen kreuzweise gestellten Strängen bei *b* schon Neigung zum Zurückbleiben wahrzunehmen ist, eine Eigenthümlichkeit, die, wie wir später sehen werden, in dieser Form nur der hier untersuchten Sedum-Species eigen, etwas modificirt dagegen auch bei den anderen Sedum-Arten constatirt werden kann.

In einer weiteren Entwicklungsperiode tritt innerhalb der Blattspurstränge (Taf. I Fig. 4) an normaler Stelle eine Cambiumzone auf, welche sich bei den schwächer entwickelten Sprossen sowohl, wie bei allen denjenigen Stammtheilen, welche nicht zu fertilen Stämmen auszutreiben bestimmt sind, nicht in die interfascicularen Theile fortpflanzt. Die Thätigkeit des Cambiums (*Cb* Fig. 4, Taf. I) beschränkt sich hier darauf, den aus dem Procambium entstandenen primären Gefäss- wie Siebtheilen neue, analoge Elemente zuzugesellen. Diese Neubildungen sind quantitativ nicht hervorragender Natur, bei etwa einer Verdoppelung der primär angelegten Theile hat es im ersten Vegetationsjahr, in jenen Stammtheilen sein Bewenden, und es ist eine Folge der schwachen cambialen Thätigkeit, dass die Zellen der interfascicularen Gewebepartieen, welche eines besonderen Cambiums entbehren, nicht in ihrem kleinzelligen Zustand verharren, sondern grössere Zellform annehmen, die indessen gegenüber derjenigen der Mark- und Rindezellen immer noch bedeutend zurücksteht. Die vier Fibrovasalstränge liegen somit nicht mehr in einem procambialen Cylinder, sie erscheinen jetzt mehr frei in das Grundgewebe eingebettet.

Die Abbildung eines Stammquerschnittes eines einjährigen sterilen Sprosses ist in Fig. 5 Taf. I gegeben. Aus dieser Zeichnung geht hervor, dass die fasciculare, cambiale Thätigkeit gegen das Ende des ersten Vegetationsjahres erlischt. Cambiumzellen lassen sich nicht mehr wahrnehmen, über dem Gefässtheil der einzelnen Bündel befindet sich ziemlich direct der Siebtheil, getrennt von ersterem durch einige kleinzellige, procambialen Character besitzende Zellen, in denen, wie ich schon jetzt erwähnen will, mit dem nächsten Jahr die Neuanlage des Cambiums für die weitere Wachsthumsperiode des betreffenden Organs sich vollzieht.

Ich habe bereits angeführt, dass von den am Vegetationspunkt angelegten Gefässbündeln die beiden opponirten Stränge bei *a* Neigung zur bevorzugten Weiterentwicklung zeigen, die mit ihnen

alternirenden Stränge dagegen in ihrer Ausbildung quantitativ zurückbleiben. In Fig. 5, Tafel I tritt jenes Verhältniss deutlich hervor. Die Gefässbündel bei *a* sind in radialer Richtung etwa doppelt so stark entwickelt, als die analogen Gebilde bei *b*.

Mark- und Rindengewebe hat sich in einem solchen Entwicklungsstadium mässig verdickt, die Epidermis ist gewöhnlich verschwunden, eine Korklage trat an ihre Stelle, und zwar ging letztere aus der Epidermis hervor.

Sehen wir auf die geschilderten Vorgänge zurück, so würden, gestützt auf die Entwicklungsgeschichte, folgende Sätze zu folgern sein.

Die erste meristematische Gewebesonderung entspricht dem von Hanstein für die Phanerogamen gegebenen Schema; das Wachsthum des Vegetationspunktes vollzieht sich rhythmisch, ähnlich wie das von Vöchting bei den *Melastomeen* beobachtet wurde.

Eine erste, scharf unterscheidbare Gewebedifferenzirung ergibt sich, auf Querschnitten, nach dem Eintreten der procambialen Theilungen; es entstehen unter den ersten Blattanlagen Procambiumstränge, zu ihnen treten später, in kreuzweiser Anordnung, ähnliche Stränge des weiteren Blattpaares. Mehr wie vier Blattspurstränge fand ich im Stamme von *Sedum spurium* nicht vor.

Die Umbildung der procambialen Zellen in das definitive Gefässbündel geht normal vor sich. Interfascicularcambium tritt bei einjährigen sterilen Stämmen nicht auf, wohl aber greifen die Theilungen der Procambiumbündel interfascicular über, so dass die jungen Gefässbündel in einem Hohlcylinder enger, langgestreckter Zellformen eingebettet liegen.

Die Zellen des letzteren werden durch vier fasciculare Cambiumzonen, die hier einige Zeit thätig, und den primären Gefässelementen neue ähnliche Gebilde zutheilen, gedehnt, verlieren ihren procambialen Charakter und nähern sich in ihrer Gestalt dem Mark- oder Rindengewebe.

Mit dem Ende des ersten Vegetationsjahres verschwindet die Cambiumzone; die Blattspurstränge sind endlich insofern ungleich entwickelt worden, als zwei opponirte Stränge (*a* Fig. 5, Taf. I), qualitativ bevorzugt, in radialer Richtung doppelt so starke Ausbildung genommen haben, als die analogen, mit jenen gekreuzt stehenden Gebilde (*b* Fig. 5, Taf. I).

Betrachten wir nun in Kürze die einschlägige Vegetationspunktliteratur etwas näher.

In Bezug auf die Gewebedifferenzirung jener Organe bestehen bekanntlich verschiedene Ansichten, die zunächst besonders in den Arbeiten Nägeli's[1]) und Sanio's[2]) ihren Ausdruck fanden. Während nach Nägeli die Cambiumstränge (*Procambium* von Sachs) primär im Urmeristem des Vegetationspunktes erscheinen und secundär durch interfasciculare Ueberbrückung zu einem Ring vereint werden, lässt Sanio den Ring (Verdickungsring, im Sinne Sanio's) zuerst und dann in ihm die „Cambialstränge" entstehen. Ferner ist nach Sanio bereits vor Construirung

[1]) Nägeli. Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik. Heft I, pag. 6—11. — Dessgl. Heft IV. Dickenwachsthum des Stengels und Anordnung der Gefässstränge bei den *Sapindaceen*.

[2]) Sanio. Vergleichende Untersuchungen etc., bot. Zeitung, 1863, No. 47.

des betreffenden Ringes eine Unterscheidung des Urmeristems in eine grosszellige centrale Partie (Urmark) und eine periphere, dünnwandige, stark in Theilung begriffene Lage, die Aussenschicht, möglich.

Den Ansichten Sanio's tritt Russow[1]) bei und nennt Sanio's Urmark Endomeristem, dessen Aussenschicht Exomeristem. Letzteres sondert sich in eine innere, Gefässbündel erzeugende Schicht (Mesomeristem) und eine äussere (Perimeristem), aus welcher Aussenrinde und Dermatogen ihren Ursprung nehmen. Ferner bekennt sich, in Bezug auf die hierauf untersuchten *Rhipsalideen* Vöchting[2]) zu Sanio's Lehre der Differenzirung der Gewebe im Urmark etc. und des primären Auftretens des Verdickungsringes. Hinsichtlich der untersuchten *Melastomeen*[3]) dagegen neigt sich der genannte Autor mehr den Nägeli'schen Ansichten zu. Es scheinen demselben allgemein giltige Regeln für die Gewebeentwicklung in der Stammspitze der Phanerogamen nicht aufstellbar, die Procambiumbündel entstehen hier bald in einer Ringzone, bald in kreisförmig isolirter Anordnung[4]).

Nach den Untersuchungen von Schmitz[5]) an *Ephedra, Menispermum canadense, Berberis vulgaris* ist eine sichere Unterscheidung in Urmark und Aussenschicht nicht möglich, ferner ein Verdickungsring im Sinne Sanio's nicht zu beobachten.

Einen ähnlichen Standpunkt nimmt De Bary[6]) ein. Die entstehenden Procambiumbündel (Initialstränge nach De Bary) haben bei dem dicotylen Typus ihren Ursprung in einer ihrer definitiven Anordnung entsprechenden Ringzone. Die procambialen Theilungen fangen in einem Querschnitt an, wo, entsprechend den allgemeinen Successionsregeln, die ersten Gefässbündel angelegt werden. Die interfascicularen Partieen nehmen entweder keinen Theil an den betreffenden Theilungen, oder es werden jene Partieen durchschnittlich engzelliger als Mark und Rinde, und gehen die Längstheilungen von den Seitenrändern der Initialstränge aus. Es entsteht ein engzelliger initialer Bündelring.

Ferner, angeregt durch die Untersuchungen Hanstein's[7]) über die Anordnung der Zellen am Vegetationspunkte der Phanerogamen, trat die Frage nach dem Orte des Entstehens der Procambiumstränge nahe. Nach Hanstein werden die letzteren, abgesehen von denjenigen Partieen, die durch das Periblem nach dem Blatte biegen, in dem peripherischen Theil des Pleroms gebildet. Dem entgegen steht Russow[8]), welcher die Gefässbündel in dem inneren Theil der Rinde (Mesomeristem)

[1]) Russow, Vergleichende Untersuchungen etc.

[2]) Vöchting, Beiträge zur Morphologie und Anatomie der *Rhipsalideen*; Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Band IX.

[3]) Bau und Entwicklung des Stammes der *Melastomeen*. Hanstein, bot. Abhandl. Band III, Heft 1.

[4]) Auch Frank lässt bei *Taxus baccata* die Cambiumbündel isolirt unter den jüngsten Blättern entstehen. Bot. Zeitung 1864, pag. 178 u. 179.

[5]) Schmitz, Beobachtung über die Entwicklung der Sprossspitze der Phanerogamen. Halle, 1874.

[6]) De Bary, vergl. Anatomie der Vegetationsorgane, pag. 409 u. 410.

[7]) Hanstein, Die Scheitelzellgruppe am Vegetationspunkt der Phanerogamen.

[8]) Vergleichende Untersuchungen etc.

entstehen lässt. Einen ähnlichen Standpunkt nimmt Vöchting in Bezug auf die *Rhipsalideen*[1]) ein, während er sich in seinen Untersuchungen über die *Melastomeen*[2]), in Folge der wenig scharfen Sonderung von Periblem und Plerom, zwar nicht definitiv ausspricht, indessen den Russow'schen Ansichten zuneigt.

Schmitz[3]) vertheidigt die Theorie Hanstein's und weist an *Berberis vulgaris* und *Menispermum canadense* nach, dass die Procambiumstränge im Plerom entstehen, dass es hier noch nicht einmal die äusserste Zelllage desselben ist, in der jene Umbildungen eintreten.

De Bary[4]) endlich tritt für den Dicotyledonentypus den Ansichten von Hanstein und Schmitz bei und bezeichnet, unbeschadet weiterer Untersuchungen über diesen Gegenstand noch weiter gehend, im Einklang mit Tieghem[5]) bei allen denjenigen Dicotyledonen, deren Vegetationspunkt keine scharfe Sonderung in Periblem und Plerom gestattet, das Plerom als denjenigen axilen Gewebekörper, der in diesem Falle erst durch die Differenzirung des Initialcylinders in seiner Aussenseite sich vom Periblem abhebt. In diese Kategorie scheinen nach De Bary alle diejenigen Angiospermen zu gehören, deren flacher Vegetationspunkt sprungweise Internodien bildet.

Das Letztere ist, wie wir bereits oben sahen, an dem Scheitel von *Sedum spurium* der Fall, und ich muss sagen, dass, übereinstimmend mit den Erfahrungen Vöchting's an den *Melastomeen*, bei *Sedum spurium* eine scharfe Sonderung des Pleroms und Periblems am Vegetationspunkt nicht vorhanden zu sein schien. An dem Stammscheitel sind die zwei Initiallagen des Periblems wohl deutlich kennbar, die dritte Schicht bildet dagegen eine Art Uebergang zu dem Plerom, und man könnte sie sowohl zu dem einen wie dem anderen Gewebetheil zählen. Endlich wird selbst an den scharf sich abhebenden Initialschichten des Periblems die Continuität der einzelnen Reihen an der Entstehungsstelle der ersten Blätter mehr oder weniger, immer aber so gestört, dass unterhalb jener Bildungen es seine Schwierigkeit hat, zu constatiren, welche Zellcurven den erst erwähnten Initialen untergeordnet sind.

Zur sicheren Unterscheidung der Frage des Entstehungsortes der procambialen Stränge scheint somit *Sedum spurium* — und andere untersuchte Arten verhalten sich ähnlich — wenig geeignet. Mit annähernder Sicherheit und auf Grund der Beobachtungen an Querschnitten möchte ich mich jedoch der Ansicht Hanstein's in dieser Beziehung zuneigen. In Fig. 1, Tafel I liegen die beiden procambialen Bündel (bei *b*) so central, dass zwischen ihnen, in der Richtung des kleineren Durchmessers der Ellipse, kaum vier Zellen zu liegen kommen. Da nun am Vegetationspunkt in jeder Schnittrichtung doch etwa die doppelte Anzahl Zellen mit Sicherheit zu dem Plerom gerechnet werden kann, so würden, unbeschadet später eintretender Theilungsvorgänge, hier die Procambiumbündel dem centralen Pleromcomplex zuzusprechen sein.

Sicherer lässt sich die Frage nach der Art der Entstehung der Procambiumstränge beantworten.

[1]) a. a. O., p. 449. — [2]) a. a. O., p. 45. — [3]) a. a. O., p. 22 u. 30. — [4]) a. a. O., p. 412.
[5]) Ann. sc. nat. 5. Sér. XVI, p. 112.

Wie aus Fig. 1, Taf. I hervorgeht, erscheinen diese unter den ersten Blattpaaren isolirt in dem Urmeristem des Vegetationspunktes. Von einem Cambialring ist hier noch nichts zu sehen, erst in späteren Stadien, nachdem gekreuzt mit den ersten Bündeln neue analoge Gebilde entstanden sind, vereinigen sich die Gesammtstränge durch interfasciculare Ueberbrückung (Fig. 3, Taf. I). Jenes Verhältniss ist dagegen hier nicht von langer Dauer, denn durch die fascicular auftretende Cambiumzone wird, da ein Interfascicularcambium hier nicht vorhanden, die Engzelligkeit der später entstandenen, die Einzelbündel verbindenden Zellelemente wieder gestört, die einzelnen Stränge erscheinen wieder isolirt (Fig. 4 u. 5, Taf. I). Der Initialring ist somit nicht das primäre, sondern das secundäre Gebilde, er ist ferner nicht von längerer Dauer, und erscheint hier auch später als bei den meisten dicotylen Gewächsen.

Nach Sanio lassen sich ferner, beispielsweise an jüngsten Querschnitten von *Ephedra monostachya*[1]), ausser der Oberhaut zwei Gewebe unterscheiden, nämlich ein centrales, aus nur wenig Zellen bestehendes, verhältnissmässig derbwandigeres Gewebe, dessen Zellen sich zum grösseren Theil eben getheilt haben, die ferner häufig, z. B. bei *Carpinus Betulus*[2]), etwas weiter sind, als die Zellen der Aussenschicht, zweitens eine peripherische Partie von etwas dünnwandigerer Zellenbeschaffenheit, deren Zellen sich gleichfalls eben getheilt haben. Ersteres ist das Urmark, letzteres die Aussenschicht, aus deren centraler Lage nach Sanio das Gefässsystem hervorgeht.

Eine in gewissem Sinne ähnliche Gewebedifferenzirung lässt sich auch bei *Sedum spurium* beobachten. Wie wir gesehen haben, erlischt die Theilungsfähigkeit des centralen Grundgewebes zuerst, und dieses Erlöschen schreitet nach und nach zur Peripherie des Stammorganes vor. An letzteren Partieen halten jene Theilungen am längsten aus. Die centralen Markzellen vergrössern sich nun und verdicken etwas ihre Membranen, während die peripherischen Zellelemente jenes Ausdehnungsbestreben des inneren Theils, zu welchem die eintretenden procambialen Theilungen hinzutreten, noch durch Zellenvermehrung auszugleichen suchen. Den grösseren Zellen des centralen Grundgewebes stehen somit die noch in Theilung begriffenen peripherischen mehr kleinzelligen Partieen gegenüber, welch' letztere, soweit sie der Oberhaut anstossen, eine concentrische, schichtenförmige Anordnung ihrer Zellelemente zeigen, während einige über den Procambiumsträngen befindliche Lagen jene scharfe Anordnung verlassen und ihre Zellen in Bezug auf Stellung wie Form mehr dem centralen Gewebe ähnlich entwickeln.

Hieraus ergeben sich Differenzirungen, deren Merkmale Sanio hervorgehoben hat; diese scheinen mir aber nur die Ausdrücke der früher erlöschenden Theilungsfähigkeit der centralen Gewebe zu sein, wenig geeignet, ein Motiv zu einer Gewebeclassificirung, wie die in Urmark und Aussenschicht, abzugeben.

Jene Differenzirungen schreiten endlich weiter fort. Das Mark legt zuerst Intercellularräume an, aus der polyedrischen Zellform wird eine runde; hierin folgt die innere, endlich die äussere Rinde,

[1]) Botan. Zeitung 1863, pag. 369.

[2]) a. a. O., p. 377.

und zwar geht der letzteren die schichtenförmige Zellanordnung in Folge der Dehnung und Verschiebung der einzelnen Zellen verloren. Das Ende ist die annähernd gleichmässige Ausbildung des Grundgewebes überhaupt, und diese wurde bereits eingeleitet durch das frühzeitige Erlöschen der Theilungsfähigkeit der centralen Gewebepartie des Vegetationspunktes.

2. Weitere Ausbildung der Stammorgane.

Wir sahen bereits, dass innerhalb des Stammes von *Sedum spurium* vier Gefässbündel angelegt wurden, die, nachdem sie aus dem Procambium entstanden, durch fasciculares Cambium nur unbedeutende Verstärkung erlangten. Ein interfasciculares Cambium trat nicht auf.

Diese Art der Ausbildung einjähriger Sprosse unserer Sedum-Art ist nun keineswegs die einzige, je nach den physiologischen Functionen werden jene Organe anatomisch verschieden ausgebildet. Ehe ich hierauf näher eingehe, möchte ich noch kurz an das morphologische Verhalten unserer Species, das hier ebenfalls eine Rolle spielt, erinnern.

Sedum spurium gehört zu den rasenbildenden Sedum-Arten, deren oberirdische Stammorgane ausdauern und quantitativ eine bedeutende Entwicklung erfahren. Diese Theile stellen ihre jüngsten Sprosse aufrecht, letztere wachsen weiter fort, legen sich mit einer gewissen Entwicklungsstufe mit ihren basalen Theilen der Erde an, vorzugsweise von hier Seitentriebe erzeugend, die in ihrem späteren Verhalten ihrer Mutteraxe gleichen. Die jungen Sprosse der erstarkten Pflanze sind theils fertiler, theils steriler Natur.

Nur die blühenden Sprosse sterben nach Erfüllung ihrer physiologischen Functionen ab, und zwar geschieht dies bis zu den basalen, am Boden liegenden Stellen.

Auf anatomischem Gebiet ist nun von vornherein hervorzuheben, dass die fertilen Sprosse bereits früh festeren Bau zeigen, als die analogen sterilen Bildungen; bei beiden stimmt nur die erste Entwicklung des Gefässsystems überein. Vier procambiale Stränge (ähnlich Fig. 3, Taf. I) entstehen, sie greifen mit ihren Theilungen interfascicular über, ein fasciculares Cambium wird bemerkbar. Nachdem nun das letztere die einzelnen Gefässbündel etwa bis zu einem Grad verstärkt hat, wie Fig. 5, Taf. I es ausdrückt, setzt sich die Cambiumzone seitlich fort, es wird durch den ganzen Stamm ein Cambiumring construirt, und aus den Theilungen dieses letzteren geht ein Holzcylinder hervor, der bei der jetzt von uns betrachteten Sedum-Species lediglich aus Holzzellen besteht.

Fig. 2 und 3, Taf. II, geben Stücke eines Querschnittes durch den fertilen Stamm. In Fig. 2 ist die Holzzone *(i)* gerade angelegt, deren Zellen erscheinen noch zartwandig. In Fig. 3 dagegen sind sie bis zu ihrer endgiltigen Wandstärke gediehen.

Nach der Anlage des Holzkörpers erlischt die cambiale Thätigkeit. Wie bei dem sterilen Zweige am Ende des ersten Vegetationsjahres (Fig. 5, Taf. I) von cambialen Zellen nichts mehr zu sehen war, so auch hier. An Stelle derselben liegen Zellformen von annähernd procambialem Charakter, und in ihnen können, falls der Stammtheil sich überhaupt weiter verdickt, mit Beginn des nächsten Jahres wieder Cambialtheilungen auftreten.

Die blüthetragenden Zweige sind nun ein- oder mehrjährig. Gewöhnlich ist das Erstere der Fall, doch ist nicht ausgeschlossen, dass ein im Vorjahr steriler Zweig sein Wachsthum in der nächsten Vegetationsperiode durch eine Terminalblüthe abschliesst. Alsdann treten in dem zunächst noch des Holzes entbehrenden vorjährigen Stücke des Stammes, zwischen Gefäss- und Siebtheil, cambiale Theilungen auf, welche die letztgenannten Theile des Gefässsystems durch ähnliche Elemente verstärken; später erzeugt eine ringförmige Cambiumzone den den fertilen Zweigen eigenen Holzcylinder.

Die Eintheilung der fertilen Zweige in ein- oder mehrjährige bedarf hier vielleicht noch einer näheren Erklärung.

Unter den einjährigen Sprossen verstehe ich solche, die im Vorjahr an der Basis eines Stammtheils als Knospen angelegt wurden und mit der nächsten Vegetationsperiode sich direct zum blüthetragenden Stämmchen ausbildeten. Ein mehrjähriger derartiger Spross dagegen kann entstehen, wenn die Mutteraxe der ersterwähnten Gebilde mit ihren Basalknospen zugleich sich zum blühenden Stamm entwickelt. Während alsdann an dem weiterwachsenden Ende der Hauptaxe das Gefässsystem angelegt wird, verstärken sich die Gefässbündel der ihr anschliessenden vorjährigen Stammpartie durch neue analoge Elemente, und gemeinsam in beiden geht alsdann die Bildung des Holzcylinders vor sich. Der anatomische Befund zeigt im Endstadium der Entwicklung, dass jene oberen oder unteren Theile des genannten fertilen Stammes nur in Bezug auf die quantitativ ungleichmässige Ausbildung des Gefäss- wie Siebtheils der einzelnen Bündel von einander differiren.

Nur die fertilen Sprosse von *Sedum spurium* versehen sich mit einem Holzringe. Da nun nach dem Gange der Entwicklung unserer Pflanze mehrere Jahre verstreichen, bis überhaupt an ein Blühen gedacht werden kann, so geht hieraus hervor, dass die oberirdischen Stämmchen der Keimpflanze der vorzugsweise mechanisch wirksamen Zellformen entbehren.

Betrachten wir den zwei- oder dreijährigen sterilen Stamm einer Keimpflanze näher, so ergibt sich anatomisch Folgendes: Während der Dauer der Vegetationsperiode ist eine geschlossene Cambiumzone vorhanden, und diese theilt den schon von früh bevorzugten Gefässbündeln neue ähnliche Elemente zu. Holz- wie Bastfasern fehlen vollständig. Dabei sind die Gefässe des centralen Theils der Bündel in ihrer Grösse resp. ihrem Querdurchmesser häufig verschieden je nach der Zeit, in der sie angelegt wurden. Gewöhnlich differiren hierin die Gefässzellen des einen von denen des andern Jahres, unter Umständen auch, analog den Verschiedenheiten der Holzzellen der Jahresringe vieler Gewächse, die im Frühjahr angelegten Gefässelemente von denjenigen, welche im Herbst gebildet wurden. Eine durchgreifende Regel lässt sich hier nicht aufstellen.

Fortgebildet werden in den Stämmen von *Sedum spurium* nur diejenigen Gefässstränge, welche bereits im ersten Jahr in ihrer Entwicklung bevorzugt worden sind (*a*, Fig. 1—6, Taf. I). Die Gefässbündel bei *b* (Fig. 6, Taf. I) bleiben im zweiten Jahr durchgängig zurück, und an ihrer Stelle erzeugt die Cambialzone ausschliesslich parenchymatische Elemente. In einem derartigen Stammtheil befinden sich also nur zwei opponirte, fortbildungsfähige Gefässgruppen, die im weiteren Verlauf der Entwicklung der Pflanze sehr bedeutende Dimensionen annehmen können.

Dieses Verhältniss, das mit kleinen Abweichungen auch bei andern Sedum-Species anzutreffen ist, scheint mir seinen Grund in der morphologischen Entwicklung der Pflanze zu haben. Von den auf der Erde kriechenden basalen Stammtheilen werden gewöhnlich nur gegenständige Knospen ausgebildet, und zwar sind das hier diejenigen, welche etwa in einer Ebene parallel der Erdfläche zu liegen kommen. Das Vortheilhafte einer derartigen Entwicklung leuchtet ein, wenn man bedenkt, dass ein auf der Erde kriechender, im Grossen und Ganzen der mechanischen Elemente entbehrender Stammtheil seinen Seitenaxen, die sich aufrecht stellen sollen, die grössere Festigkeit, äusseren Einflüssen gegenüber, dann verleiht, wenn er sie nicht im ganzen Umfang, sondern gleichmässig auf beiden Seiten, in der obenerwähnten Art, entstehen lässt. Gemäss der Sprossentwicklung geht auch die Weiterbildung der fibrovasalen Stränge vor sich, die bevorzugten Gefässbündel liegen in der Entstehungsebene der Seitensprosse. Die zurückbleibenden Bündel bei *b* (Fig. 6, Taf. I) fallen im Allgemeinen in eine Ebene, die senkrecht auf der Erdoberfläche, auf welche jener kriechende Stammtheil zu liegen kommt, construirt werden kann. Sie fungiren mit als Blattspurstränge der jüngsten, aufrechtstehenden Sprosse, eventuell vermitteln sie die Communication mit jenen Theilen, die ja, wie wir sahen, ihre Blattorgane gleichmässig um den Stamm vertheilen.

Bemerkenswerth ist noch, dass der Siebtheil der einzelnen Gefässbündel lediglich aus Weichbast besteht.

Ueber den Bastpartieen liegt die Rinde. Ihre Zellen haben, wo sie an das Gefässsystem anstossen, (man vergl. Fig. 6, Taf. I) eine elliptische Form. Die Aussenrinde endlich zeigt loses Gefüge ihrer Zellelemente. Sie folgt dem Dickenwachsthum des Stammes durch Verschieben ihrer Zellen, und es entstehen bei dieser Gelegenheit in ihr sehr bedeutende intercellulare Luftgänge. Endlich deckt eine Korkzone von grösserer oder geringerer Stärke das ganze Organ.

Kleinere anatomische Unterschiede finden sich häufig bei besonders stark entwickelten Stammorganen vor. Es können sich (man vergl. Fig. 1, Taf. II) beispielsweise die in ihrer Ausbildung bevorzugten Gefässgruppen theilen und zwischen sich (bei *h*, Fig. 1, Taf. II) eine Lage mehr parenchymatischer Zellformen entstehen lassen.

Die Ausbildung des kriechenden Stammes geht in den ferneren Entwicklungsstadien der Pflanzen auf die geschilderte Art fort. Auch mit dem Eintritt in das blüthetragende Stadium erlangen jene älteren basalen Theile, die ja nur als Träger späterer blüthetragender Sprosse erscheinen, im Allgemeinen — den Ausnahmen werden wir gleich näher treten — keine Verstärkung durch irgend welche Holzbildung. Die entsprechenden Gefässbündel vergrössern sich durch Vermehrung ihrer bereits vorhandenen Zellelemente, und es nimmt endlich die Intensität der Cambialtheilungen mit dem Alter der betreffenden Pflanzentheile gewöhnlich ab. Die Verstärkung des Gefässbündels ist in späteren Stadien wenig wesentlich, mit einem gewissen Alter erlischt sie ganz. Die ältesten Stammorgane gehen, die Seitenaxen isolirend, nach und nach ein; es werden alsdann auf ungeschlechtlichem Wege neue Pflanzen gebildet.

Aus dem Umstand, dass die fertilen Sprosse mit einem Holzkörper versehen sind, die sterilen Stämmchen dagegen, sowie die aus ihnen später hervorgehenden, auf der Erde kriechenden älteren

Stammtheile einen solchen nicht besitzen, resultirt, dass zwischen beiden physiologisch wie anatomisch differirenden Organen eine Art Uebergang vorhanden sein muss. Die einen entstehen ja aus den andern, und es ist von vornherein nicht anzunehmen, dass ein blühender Spross so ohne Weiteres an seiner Basis den Holzkörper verschwinden lässt. Das Letztere ist nun in der That nicht der Fall. Der Holzcylinder schwindet allmählich, er löst sich in ein oder mehrere sichelförmige Stücke auf, die noch strangartig auf eine gewisse Strecke jene Theile durchlaufen.

Im Grossen und Ganzen sind hier zwei Fälle möglich. Entweder die Auflösung vollzieht sich bereits an dem am Boden liegenden kleinen Stücke des fertilen, grösstentheils aufrechtstehenden Stammes, oder jene Holzbildung greift noch theilweise in die Mutteraxe, welcher der Spross entsprang, ein. Anders ausgedrückt würde man sagen können, die cambiale Zone hat entweder an der Basis des fertilen Sprosses nur sichelförmige Stücke eines Holzkörpers angelegt, oder es ist eine derartige Bildung resp. Verstärkung auch in der ansitzenden Mutteraxe vor sich gegangen.

Zwischen diesen beiden Fällen herrscht selbst bei ein und derselben Sedum-Species ein gewisser Spielraum; im Allgemeinen kann gesagt werden, dass bei *Sedum spurium* der erste Fall der am meisten vorkommende ist. Schon an der Basis der fertilen Stammtheile vollzieht sich die vollständige Auflösung des Holzkörpers, in die ansitzende Mutteraxe treten nur selten noch einzelne Holzstränge ein.

In Fig. 4, Taf. II habe ich die Abbildung des Stückes eines Querschnittes, entnommen der Basis eines zweijährigen blühenden Zweiges, gegeben. Auch hier sind die opponirten Gefässbündel bei *a* in der Ausbildung bevorzugt, die bei *b* im zweiten Jahre zurückgeblieben. In der Grösse der Gefässzellen zeigt sich ein Unterschied der betreffenden Gebilde des ersten gegenüber denen des zweiten Jahres. Die letzteren entstanden, während das Gefässsystem des fortwachsenden oberen Endes des Stammtheils, also des diesjährigen Theiles, angelegt wurde. Der Holzcylinder *(Hzr)* an jungen wie alten Theilen des Sprosses durch die Cambialzone zugleich gebildet, ist hier noch vollständig erhalten, das Cambium dagegen — der Spross befand sich am Ende der betreffenden Vegetationsperiode — geschwunden.

In den Figuren 5 und 6, welche basale Stammquerschnitte darstellen, wird an schematischen Zeichnungen das Schwinden der Holzzone *(Hzr)* angedeutet. Bei Fig. 5, Taf. II bemerkt man einseitig eine Abnahme in der Stärke des Holzkörpers, in Fig. 6 ist der letztere in zwei sichelförmige Stücke *(Hzr v* u. *w)* zerfallen. Noch tiefer liegende Schnitte lehren, dass beide unter beständiger Abnahme ihres Volumens bald völlig verschwinden.

In diesem Falle hat man es, als mit einem zweijährigen Spross, mit einer Hauptaxe zu thun, welche mit ihren Seitengliedern zugleich sich fertil ausgebildet hat; ein Einmünden in eine Axe früherer Ordnung kommt hier, in Bezug auf die Auflösung des Holzcylinders, nicht in Frage. Einjährige fertile Gebilde, die direct einer Mutteraxe ansitzen, zeigen indessen ganz ähnliches Verhalten, nur vollzieht sich der Auflösungsprocess des Holzkörpers hier gewöhnlich vor Eintritt jener Glieder in die betreffende Mutteraxe. Höchstens läuft das eine oder andere sichelförmige Holzstück noch bis in letztere, um da sehr bald zu verschwinden. Die Figuren 4, 5 u. 6, Taf. II würden auch

hierfür passend erscheinen, wenn man von der bedeutenderen Ausbildung der Gefässelemente absieht und solche etwa von der Stärke der Fig. 5, Taf. I annimmt. Erwähnenswerth wäre alsdann, dass in einem solchen Falle die sonst zurückbleibenden Gefässbündel bei *b* dicht an den Holzring oder dessen Theile anstossen und zwar aus Gründen, die aus der oben gegebenen Entwicklungsgeschichte deutlich hervorgehen.

In Bezug auf die specielle Histologie jener Stammtheile von *Sedum spurium* würde endlich noch Folgendes zu erwähnen sein.

Die aus dem Procambium entstehenden Gefässelemente sind durchgängig Tracheïden von ringförmiger oder spiraliger Verdickung. In den älteren Theilen des Gefässbündels herrschen jene Formen ebenfalls vor, doch begegnet man hier auch ächten Gefässen. Die letzteren besitzen meist spiralige, seltener maschenförmige Verdickungsform und communiciren in den häufigsten Fällen durch offene Poren miteinander. Diese Poren (*P*, Fig. 11 u. 12, Taf. II) finden sich an den mehr oder minder geneigten Querwänden vor und sind, untereinander betrachtet, von verschiedener Grösse. Eine vollständige Resorption der Querwand zeigt die Abbildung des Endstückes einer Trachee bei *S*, Fig. 11, Taf. II.

Die Zellen des mehrfach erwähnten Holzringes sind als ächte Holzzellen zu bezeichnen, und finden sich unter ihnen bei *Sedum spurium* keinerlei andere Formen vor. Die Verdickung der Holzzellen ist eine mässige, der Verholzungsprocess tritt bei ihnen rasch ein und erscheint als ein vollständiger. Die betreffenden mikrochemischen Reactionen weisen sehr bald die völlige Verholzung jener Membranen nach. Behöfte Poren besitzen die Holzzellen nicht, die hier vorhandenen Poren treten, ihrer Kleinheit wegen, nur bei sehr starker Vergrösserung hervor. Sie sind in Bezug auf die Längsaxe der einzelnen Zelle schräg gestellt und an sich spaltförmig bis elliptisch.

Wie die Beobachtungen an macerirtem Material lehren, sind die meisten Holzzellen spitz (Fig. 8, Taf. II). Nicht selten treten indessen an deren Enden Verzweigungen in mehr oder minder vollendeter Form auf, wir erhalten Bilder, wie sie in den Figuren 7, 9 u. 10, Taf. II, unter Weglassung des mittleren Theils der Zelle, Abbildung gefunden haben.

Fig. 7 zeigt die beiden Enden einer derartigen Holzzelle. Das eine Ende *z z* lässt die Anlage einer Verzweigung sehen, die an dem andern Endtheil $z_{I}\, z_{II}$ bereits fortgeschritten ist. Fig. 10 schildert das Ineinandergreifen der Enden zweier Holzfasern, deren Zellen an dem macerirten Material leicht durch Druck getrennt werden konnten.

Der Phlœmtheil des Gefässbündels ist von Anfang an schwach entwickelt. Bastfasern fehlen demselben ganz. Nach Briosi[1]) kommen in dem Siebtheil von *Sedum maximum* (der Stamm war vor dem Blühen untersucht) Siebröhren vor; ich habe bei *Sedum spurium* keine gefunden. Der aus Procambium wie Cambium hervorgegangene Weichbast ist sehr engzellig, die Membranen weiss glänzend, an Collenchym erinnernd, die Zellen selbst sehr lang gestreckt.

[1]) Giovanni Briosi. Ueber allgemeines Vorkommen von Stärke in den Siebröhren. Botanische Zeitung 1873, pag. 342.

Die den Weichbast umschliessenden, ebenfalls langgestreckten Zellformen führen besonders bei den älteren Stammtheilen grosse Mengen von Tannin.

In den ersten Entwicklungsstadien enthalten die Zellen der Rinde Chlorophyll in mässiger Vertheilung. Später, sobald die betreffenden Stammtheile dem Boden anliegen, erscheint in ihnen Stärke in grosser Menge, sie fungiren dann als Reservestoffbehälter für die Gesammtpflanze.

Die äussere Korklage endlich entsteht, wie man sich durch Querschnitte junger Stämmchen deutlich überzeugen kann (man vergl. Fig. 7 u. 8, Taf. IX), aus der Epidermis.

Von Einfluss auf die Entwicklung der älteren Stammtheile von *Sedum spurium* sind die mehr oder minder pathologischen Erscheinungen, welche gelegentlich des Absterbens der fertilen Zweige auch in den tiefer liegenden Stammpartieen auftreten. Ich möchte daher, ehe ich die Darstellung der Gesammtentwicklung jener Stammtheile verlasse, etwas näher auf die Art und Weise des Absterbens der fertilen Sprosse eingehen.

3. Das Absterben des fertilen Zweiges.

Es ist bereits hervorgehoben worden, dass der blüthetragende Zweig von *Sedum spurium* nach Erfüllung seiner physiologischen Function abstirbt. Jener Spross lag mit seinem unteren Ende der Erde an, sein grösserer, oberer Theil stand aufrecht. Diese letztere Partie ist es nun gerade, welche dem Absterben anheimfällt, während der basale Theil, wenn auch häufig nur bis zu gewissem Grade, lebensfähig bleibt. An der Uebergangsstelle der einen Partie zur andern treten Erscheinungen auf, mit denen wir uns in diesem Kapitel näher zu befassen haben werden.

Gewöhnlich fallen im August, also in einer Zeit, wo die Witterung ein Austrocknen der betreffenden Gewebepartieen gestattet, die fertilen Zweige dem Absterben anheim. Dies Austrocknen schützt indessen die anstossenden lebensfähigen Stammstücke nicht völlig vor den schädlichen Einflüssen eines todten, sich zersetzenden organischen Zellcomplexes. Meist scheinen gerade die Uebergangsstellen der Herd von Fäulnisserscheinungen zu sein, während die oberen Sprosstheile einfach eingetrocknet sind. Begünstigt wird jenes Verhältniss noch durch die eintretende feuchte Winterperiode, in welch' letzterer das anstossende, lebensfähige Stammstück ebenfalls noch bis zu gewissem Grade langsam in den Absterbeprocess hineingezogen wird, bis mit Beginn des Frühjahrs umfassende Korkbildungen eintreten, die diesem Vorgang ein Ende machen.

Diese Korkbildungen sind nicht die Ursache des Absterbens der fertilen Sprosse, sie erscheinen vielmehr als die Folge des Absterbens der letzteren.

Aus dem Gesagten geht bereits hervor, dass die Art und Weise des Auftretens jener Korkbildungen von äusseren Einflüssen bedingt ist. Die Fäulniss- und Zersetzungserscheinungen, besonders an der Uebergangsstelle von lebendem zu abgestorbenem oder absterbendem Gewebe, sind abhängig von Temperatur-, Witterungs- und sonstigen Verhältnissen. Je nach der Intensität des Auftretens jener Erscheinungen wird auch die Construction der Korkzonen andere Dimensionen annehmen.

Das noch lebende Stammstück schützt sich je nach Bedürfniss vor den schädlichen Einflüssen eines anstossenden, in Zersetzung begriffenen Zellcomplexes.

Die nähere anatomische Untersuchung, die man am zweckmässigsten im Frühjahr an dem basalen Stammstück anstellt, lehrt, dass in Bezug auf die eingetretenen Fäulnisserscheinungen und die damit zusammenhängenden Korkbildungen eine Reihe von Fällen unterschieden werden können.

So kommt es zum Beispiel, besonders wenn die Witterung das Austrocknen des abgestorbenen Sprosses sehr begünstigt hat, vor, dass im Frühjahr, direct über einem Knoten des basalen Sprosstheils, und zwar noch ziemlich hoch an dem letzteren, der ausgetrocknete Blüthenzweig dem lebenden Gewebe ansitzt. Schmilzt man die Uebergangsstücke des einen Gewebes zum andern in eine Mischung von Stearin und Talg ein — das Letztere ist nothwendig, um beim Schneiden zusammenhängende Stücke des lebenden und des abgestorbenen Gewebes zu erhalten — so lassen sich genügend dünne Längsschnitte erzielen. In Fig. 2, Taf. IV ist ein derartiger Schnitt gezeichnet; an ihm wäre Folgendes wahrzunehmen.

Zunächst hat hier das Absterben des fertilen Sprosses an einer Stelle sein Ende gefunden, an welcher der Holzkörper des Stammes (*Hzr*) noch völlig erhalten ist. Diese liegt somit noch ziemlich hoch an dem betreffenden Spross. Es zeigt sich nun, dass direct über dem Knoten, resp. über der Austrittsstelle einer Seitenaxe (*Sp*, Fig. 2, Taf. IV) bei *m*, von der äusseren Korklage des Stammes eine Korkzone quer durch die Rinde gegangen ist, um, an dem Holzkörper angelangt, längs diesem bis zu derjenigen Stelle hinabzulaufen, an welcher die Fibrovasalstränge ($g_{,}$) des Vorjahres, durch den Holzcylinder nach der Blattanlage, jetzt nach dem Seitenspross (*Sp*) gegangen sind. Hier ist jener Holzcylinder durchbrochen, der Kork tritt jetzt durch die Gefässelemente bei *w* in den centralen Theil des Stammes ein, durchsetzt quer das Mark, um an der entgegengesetzten Oeffnung des Holzcylinders, die ebenfalls als Durchgang der Gefässstränge des opponirten Blattes gedient hat, wieder in der Rinde und von da nach der äusseren Korklage bei *s* auszubiegen. Es ist damit ziemlich direct über dem Knoten, resp. den Seitenaxen, das abgestorbene Stück des fertilen Zweiges abgeschnürt worden, es haftet dem lebenden Theil nur noch vermittelst des Holzkörpers an. Alle parenchymatischen Gewebe sind an ihm durch Kork getrennt, der Holzcylinder konnte nicht durch Korkbildungen völlig isolirt werden, nur durch die an ihm vorhandenen, durch die Fibrovasalstränge veranlassten Löcher war ein Eindringen möglich.

Gemäss der Zahl der Fibrovasalstränge sind vier Oeffnungen in dem Holzcylinder vorhanden, seitlich jener stellen dagegen die Zwischenstücke die Verbindung des oberhalb der Absterbestelle liegenden Holzringes mit dem analogen, unterhalb dieser Stelle befindlichen Stück her. Die Zersetzungserscheinungen des ersteren Holzkörpers können sich auf die noch gesunden Partieen des letzteren übertragen, und um den Uebergang von letzteren Theilen zu dem anstossenden Gewebe zu hindern, zeigt es sich, dass der Holzcylinder, auch der gesunden Stammpartie, nach dem Mark (*n*, Fig. 2, Taf. IV) sowohl wie der Rinde (*m*) von Korklagen bekleidet ist. Die Korklagen laufen noch ein ziemliches Stück in den älteren Stamm hinein, den Holzcylinder von den angrenzenden gesunden Partieen isolirend.

Dass in der That die festen Holzelemente einer Zersetzung oder Fäulniss anheimfallen, geht aus der Farbe ihrer Zellmembranen hervor. Diese ist gewöhnlich gelb bis braungelb; das Lumen der betreffenden Zellen scheint erfüllt mit Zersetzungsproducten ähnlicher Farbe. Die Festigkeitsverhältnisse jener Gewebe endlich sind alterirt, denn schon beim Schneiden fallen deren Elemente leicht aus einander.

Die verborkte Masse des abgestorbenen Zweiges (*u*, Fig. 2, Taf. II) haftet in einem solchen Zustand lediglich durch die Seitenstücke der fibrovasalen Durchbrechungen des Holzkörpers an dem lebenden Stammstück an. Sobald die Zersetzungserscheinungen an diesen Holztheilen genügend weit vorgeschritten, die Festigkeitsverhältnisse hier genügend gestört sind, bricht das abgestorbene Ende des Sprosses leicht in Folge äusserer Einwirkung ab.

In einem solchen Zustand ist die Wundfläche, mit Ausnahme jener Holzstücke, von einer Korkzone gedeckt. Für die letzteren wurde der Abschluss nach aussen bereits durch die Korklagen (Fig. 2, Taf. IV, *m n*) bewirkt, die den mehr oder weniger ergriffenen Holzkörper des gesunden Stammtheils noch längere Zeit, jedenfalls aber soweit bekleiden, als derselbe von Erkrankung ergriffen ist.

Zu erwähnen wäre endlich noch, dass an der Wundfläche unter der Korkzone (bei *S*, Fig. 2, Taf. IV) callusartige Zellneubildungen auftreten können, die häufig noch zu einer völligen Ueberwallung der Wundfläche, resp. desjenigen Theils der letzteren führen, welche durch Abbrechen der Holzrudimente noch bis zu gewissem Grad geöffnet ist.

Charakterisirt ist dieser Fall des Absterbens des fertilen Zweiges durch folgende Momente.

Die Absterbestelle liegt hoch an dem betreffenden basalen Stamm, dessen Holzkörper ist hier noch völlig erhalten. Die abschnürenden Korkzonen gehen ziemlich direct über dem Knoten des Internodiums durch die betreffenden Gewebe durch.

Nicht selten kommt es vor, dass sich die zerstörenden Einflüsse, welche von den erwähnten absterbenden Theilen ausgehen, noch in hervorragenderem Maasse geltend machen, dass trotz einer Korkabschnürung, wie sie eben erwähnt wurde, noch ein grösserer Theil des tiefer liegenden Gewebes ergriffen wird. Alsdann kann der ganze, innerhalb des Holzcylinders liegende Gewebecomplex durch Korklagen isolirt werden. Die betreffenden abgeschnürten Gewebe gehen zu Grunde, während die Rinde noch lebensfähig ist und, jenseits des vom Kork umzogenen Holzes, radial mit den alten abgestorbenen Fibrovasalsträngen neue analoge Stränge gebildet werden.

Ein solcher Fall lässt sich aus Fig. 1 u. 2, Tafel IV combiniren. Fig. 2 möge das höher liegende, Fig. 1 das tiefer befindliche Stammstück darstellen. Man hat alsdann die von *S* ausgehende Korklage einfach an dem peripherischen Theil des Holzkörpers durch den Knoten hindurch nach dem nächsten Internodium gehen zu lassen. Hier läuft sie bei *m* Fig. 2 hinab, um an dem nächsten Blattpaare angelangt (*w*) durch die von den Blattspuren in dem Holzring erzeugten Oeffnungen das Markgewebe zu durchsetzen. In Folge dessen werden die nächst höher liegenden Sprosse gerettet, sie erhalten bei *m* ihre neuen Gefässe, die mit dem darunter liegenden Fibrovasalstrang sich auf die in der Zeichnung ausgedrückte Art in Verbindung setzen. Hier haben wir also vom

Knoten, eventuell der Wundfläche an durch das Internodium hindurch eine vollständig lebende Rinde mit Gefässsystem, der centrale Theil dagegen, also der primäre Holzkörper, und sämmtliche von ihm umschlossene Theile sind zu Grunde gegangen.

Da hier in dem lebenden peripherischen Theil das Cambium an normaler Stelle fungirt, anderntheils der Holzkörper in Folge seiner Zersetzung sehr an Festigkeit eingebüsst hat, so tritt nicht selten folgende Erscheinung ein. Der Holzkörper wird durch den Druck, der gelegentlich der Verdickung des Organs eintritt, zersprengt, und seine Stücke gelangen sammt dem abgestorbenen Mark etc. als zersetztes Conglomerat in die Mitte des Stammes. Bei *x* in Fig. 1 ist bereits der Anfang eines derartigen Vorgangs wahrzunehmen. Hier beginnt schon das Zusammendrücken jenes Theiles, das gewöhnlich mit einer Zersplitterung des Ringes selbst endet.

Die noch tiefer liegenden gesunden Stammtheile zeigen alsdann, analog dem erst betrachteten Fall, eine Korkbekleidung ihres Holzes *(m n)*, die noch längere Zeit im Stamm zu verfolgen ist.

Wir haben also den modificirten ersten Fall vor uns. Auch hier liegt die Absterbestelle des fertilen Zweiges hoch, auch hier ist an jener Stelle noch der complete Holzring vorhanden. Die Abschnürung durch die Korkzonen vollzieht sich dagegen nicht allein direct über dem Knoten wie bei *s* Fig. 2, Taf. IV, es werden von da bis zum nächst tieferen Blattpaare durch Korkbildung alle innerhalb des Holzkörpers liegenden Gewebe isolirt und gehen zu Grunde.

Die fernere Lebensfähigkeit eines derartigen Internodiums erweist sich nicht immer als die beste. Häufig hatte ich Gelegenheit zu beobachten, dass ein auf diese Art gerettetes Stammstück wohl seine Seitenknospen in dem betreffenden Vegetationsjahr zur Ausbildung brachte, aber mit dessen Ende bis zu derjenigen tieferen Stammstelle zu Grunde ging, deren soliderer Bau schon im Voraus auf längere Entwicklungsfähigkeit schliessen liess. Aus den ersterem Stammtheil ansitzenden Seitensprossen wurden, da jene bereits in Folge verminderter Ernährung genügende Mengen von Adventivwurzeln gebildet hatten, selbständige Pflanzen.

Abweichend gestaltet sich die Art des Absterbens fertiler Zweige, wenn die Absterbestelle durch die einen oder die anderen Einflüsse tiefer und zwar an diejenige Stelle zu liegen kommt, an der, wie wir bereits sahen, der cylindrische Holzkörper in einzelne sichelförmige Theile aufgelöst wird. Dieser Fall hat mit dem zuletzt betrachteten zunächst das gemeinsam, dass die Korkabschnürungen nicht direct über dem Knoten, sondern in einer Weise vor sich gehen, dass durch sie ebenfalls wieder ein centraler Gewebecomplex ausser Thätigkeit gesetzt wird, während das jenseits des Holzkörpers befindliche Gewebe sich weiter verdickt.

Letzter Fall des Absterbens ist auf Tafel III in einer Anzahl Abbildungen geschildert; in Fig. 7 derselben Tafel endlich erläutert ein schematischer Längsschnitt die in den andern Zeichnungen im Querschnitt ausgedrückten Verhältnisse.

Betrachten wir zunächst, anschliessend an unsere frühere Schilderung, die schematische Zeichnung etwas näher. Hier fällt auf, dass der Holzkörper *(Hzr)* auf der einen Seite (bei *q*) endigt, auf der andern dagegen weiter läuft. An letzterer Stelle ist nun ein im Querschnitt sichelförmiges

Stück desselben vorhanden, denn bei *q* hat sich der Holzring geöffnet. Das betreffende Holzstück wird, je weiter man der Basis des Sprosses sich nähert, kleiner und verschwindet endlich gänzlich.

Die Absterbestelle des fertilen Stammes liegt nun kurz über jener Spaltung des Holzkörpers, und es zeigt sich nun, dass die Korkzone — hier dargestellt durch die gelb punktirte Linie — wieder durch die Rinde nach dem Holze geht, um an diesem hinab zu laufen. Hier trifft sie auf die aus dem Holzcylinder ausbiegenden älteren Fibrovasalstränge — durch die doppelt contourirten wellenförmigen Linien bezeichnet — und biegt über jenem ein Stück in den Holzcylinder hinein, reicht aber nicht bis ins Markgewebe, sondern setzt sich, unterhalb der Ausbiegestelle der in die Blätter eintretenden Gefässstränge, peripherisch an dem Holzcylinder bis zu tiefer liegenden Internodien fort (*m* Fig. 7, Taf. III). An derjenigen Stelle nun, wo der Holzkörper gespaltet erscheint, also bei *q*, greift die äussere Korkzone durch die älteren Gefässbündel durch, schreitet in das Markgewebe, und verläuft hier, mehr oder weniger geneigt *(n)*, durch dieses nach dem entgegengesetzten Theil des Holzkörpers hin. Hier tritt sie wieder durch den opponirten vorjährigen Fibrovasalstrang und legt sich alsdann dem betreffenden Theil des Holzkörpers an, jenen noch eine Strecke weit in den Stamm hinab begleitend. Wir sehen, dass an dieser Stelle — an der linken Seite unserer Figur — bereits aussen eine Korklage vorhanden ist, die direct von der Absterbestelle hier herunter geführt wurde. Das Holzstück erscheint hier somit nach aussen wie nach innen von Kork umschlossen.

Es ergibt sich hieraus folgendes Endresultat. Peripherisch liegt gesundes Gewebe (in unserer Zeichnung dunkel schraffirt), central befindet sich dagegen eine nach der Wundfläche offene Partie (gelb und roth gehalten), die aus dem zu Grunde gegangenen Gewebe des Markes, dem Gefässtheil der Fibrovasalstränge des ersten Jahres und mehr oder weniger auch dem Holze entstanden ist. Von jenen Theilen wird bei *q* durch die hier ins Innere des Stammes tretende Korkschicht das untere lebende Gewebe abgegrenzt. Endlich verdickt sich das peripherische gesunde Stück normal durch das Cambium weiter, es entstehen neue Gefässe (wellenförmige, einfach contourirte Linie, $g_{,,}$), die sich an derjenigen Stelle, an welcher der Holzkörper geöffnet erscheint, und an der die Korkzone bereits central eingetreten ist, mit den analogen älteren Theilen (bei $g_{,}$) vereinigen.

An der oberen Wundfläche endlich wird durch callusartige Bildungen in der Rinde, häufig auch unter Mitwirkung des Cambiums, der centrale offene Theil des Stammes überwallt. Es kommt ferner auch hier vor, dass durch den Rindendruck die todte innere Partie zusammengepresst wird und lange Zeit hindurch als borkige Masse, umgeben von Kork, im Inneren des betreffenden Internodiums liegt.

Deutlicher wird das hier Gesagte durch die Betrachtung der betreffenden Querschnitte. Zunächst liegt in Fig. 1, Taf. III ein Theil eines derartigen Schnittes vor, der etwa bei *q* (man vergl. Fig. 7, Taf. III) dem Stamme entnommen ist. Man sieht hier den gelb gefärbten Holzkörper bereits geöffnet und an der Oeffnungsstelle, in Folge des Druckes, der von den cambialen Bildungen bei *Cb* ausgeht, schon etwas nach innen gebogen. Die äussere Korkzone *(m)* bekleidet den Holzkörper und tritt hier in die durch das Oeffnen des Holzkörpers entstandene Lücke ein. Deutlicher ist das in Fig. 2 derselben Tafel zu bemerken. In dem centralen Theile befinden sich in abgestorbenem,

mehr oder minder in Zersetzung begriffenem Zustand das Mark *(M)*, sowie primäre Gefässelemente vor. Bei *a* haben wir die Reste der seiner Zeit in der Entwicklung begünstigten Gefässstränge, bei *b* diejenigen gekreuzt stehender zurückgebliebener Bündel. Zunächst tritt die Korkzone in das Markgewebe ein, das heisst ein bestimmter Theil der Zellen des Markes, sowie des zwischen einzelnen Gefässzellen liegenden Parenchyms *(t)* ist in Korkbildung übergegangen. Alle diejenigen Zellelemente nun, die jenseits der betreffenden Korkzone, also nach der Rinde hin, zu liegen kommen, erweisen sich als vor den Fäulnisserscheinungen gerettet. Die Korkzone bei *m* — die Fortsetzung derjenigen bei *n* — läuft um die Peripherie des Holzcylinders herum, jenseits derselben, nach der Rinde hin, functionirt die normale Cambiumzone und lässt Elemente des Gefäss-, wie des Siebtheils, sowie solche parenchymatischer Natur entstehen. Diese liegen, soweit sie den Holztheil des Gefässbündels betreffen, über den entsprechenden abgestorbenen primären Gefässen, sie fungiren als neue Blattspuren des Blattes, resp. des axilen Sprosses desselben, dem durch Absterben seiner ersten Stränge, eventuell des Gefässtheils derselben, die Verbindung mit dem Gefässsystem tieferer Internodien für einige Zeit gefehlt hat.

Bei *p* sind derartige neue Gefässtheile angelegt, hier erscheint bereits der angegriffene Holzkörper durch den Rindendruck nach innen verschoben.

Ein weiteres Entwicklungsstadium gibt Fig. 3, Taf. III. Wir haben hier einen Querschnitt durch eine tiefer liegende Stammpartie, an welcher die geschilderten Verhältnisse in fortgeschritteneren Stadium wahrgenommen werden können. Von dem centralen Gewebe erscheint ein grösserer Theil durch Korkbildung erhalten, es läuft hier wieder die äussere Korkzone bei *q* in das Innere des Stammes, und wir sehen, dass von den primären Gefässelementen des einen grossen Bündels bei *a* die grössere Menge sich noch in lebendem Zustand befindet. Demgemäss werden secundär bei *p* auch weniger analoge Elemente durch die cambiale Thätigkeit erzeugt; endlich entstehen solche bei *o* als Ergänzung der zu Grunde gegangenen Gefässe, bei *p* als Verstärkung der noch vorhandenen derartigen Bildungen.

An den bis jetzt betrachteten Querschnitten erscheint der Holzcylinder noch nahezu vollständig, in Stadien, wie sie Fig. 1 u. 2 ausdrücken, ist er vielleicht nur durch den äusseren Druck, den die cambialen Neubildungen auf ihn ausübten, gespalten worden. Bei Fig. 4, Taf. III begegnen wir ihm dagegen nur noch als sichelförmiges Stück, und hier ist von den erstangelegten Gefässbündeln, durch die Korkzone *n* einer der grossen Gefässstränge bei *a* mit einem Theil des Markgewebes vollständig bestehen geblieben. Die übrigen Verhältnisse entsprechen denjenigen der bereits betrachteten Querschnitte, und es wäre hier nur zu erwähnen, dass die neu auftretende Cambiumzone, gegenüber dem erhalten gebliebenen grossen Gefässstrang bei *r*, als Ersatz für die zu Grunde gegangenen centralen Partieen neue Gefässe erzeugt.

In Bezug auf die Orientirung der inneren Korkzone und der hiermit in Beziehung stehenden Erhaltung der kleineren oder grösseren centralen Gefässbündel wäre Folgendes zu bemerken.

Jene Verhältnisse richten sich vor allen Dingen nach der Stellung des sichelförmigen Holzstückes gegenüber den grösseren oder kleineren primären Gefässbündeln. Im Grossen und Ganzen

lassen sich zwei Fälle hier unterscheiden, von denen Fig. 4, Taf. III den einen ausdrückt. Hier liegt unter dem sichelförmigen Holze zunächst eines der grösseren Bündel, ihm gegenüber somit auch ein zweites. Dem entgegen lässt sich ein zweiter Fall annehmen, bei welchem an Stelle der grossen Stränge die beiden kleinen zu stehen kommen, wie das etwa in Fig. 5 skizzirt ist. In der gedachten Figur, in der übrigens der Holzkörper noch bedeutende Dimensionen besitzt, schneidet in Folge der verschiedenen Orientirung der Gefässstränge — man vergl. die Fig. 4 derselben Tafel — die Korkzone eines der kleineren Bündel bei *b*, einen Theil des Markgewebes, endlich ein Stück des grösseren Bündels bei *a* ab. Bei *p* wie bei *n* wird durch das Cambium die Verstärkung resp. der Ersatz der primären Gefässe durch entsprechende Zellformen gebildet.

Die Verschiedenheit gegenüber dem in Fig. 4, Taf. III gegebenen Stadium fällt sofort auf, und es leuchtet ein, dass durch die Korklage etwa diejenigen Gefässelemente mit angränzenden Theilen Rettung finden, welche an der Oeffnungsstelle des Holzcylinders *(q)*, als der Eintrittsstelle der äusseren Korkzone, in das centrale Gewebe zu liegen kommen. Je nach der Stellung, welche das restirende sichelförmige Holzstück alsdann den grösseren oder kleineren Gefässgruppen gegenüber einnimmt, werden die einen oder die anderen der letzteren und zwar jene ganz oder theilweise zu den lebenden Partieen der Rinde abgetheilt.

In Fig. 6 bemerkt man, dass die Korkbildung bis nahezu an der gegenüber stehenden Holzlage angelangt ist. Es wurde dieser Querschnitt an einer Stelle genommen, die etwa mit der mit *n* bezeichneten des schematischen Längsschnittes Fig. 7, Taf. III zusammenfällt. Die innere Korkschicht legt sich hier den abgestorbenen Gefässresten an, etwas tiefer im Stamm tritt, an den hier noch lebensfähigen Gefässen, eine Korkzone zwischen dem inneren Theil der Holzsichel und jenen Gefässen selbst auf, diese vereinigt sich bis zu gewissem Grade mit der ersteren Korkzone, welche mehr oder weniger geneigt durch das Markgewebe hierher verlaufen ist (man vergl. Fig. 7, Taf. III). Das unter jenen Theilen sich befindende Gewebe erscheint somit vorläufig vor dem Absterben gesichert.

In Fig. 8, Taf. III endlich ist die Skizze eines Querschnittes unterhalb der Absterbestelle eines fertilen Sprosses gegeben, aus dem die Zusammendrückung des in Zersetzung begriffenen Holzkörpers, anlässlich des durch die cambialen Bildungen aufgetretenen Rindendruckes, deutlich hervorgeht. Der Holzkörper besitzt in Folge dessen mehrfache Biegungen etc., später wird er vollständig zerdrückt werden.

In dem in Fig. 7, Taf. III gezeichneten schematischen Längsschnitt wurde angenommen, dass die von der Oeffnungsstelle des Holzcylinders *(q)* in das Mark verlaufende Korkschicht, sobald sie an das gegenseitige Holzstück gelangt, sich mit einer, zwischen den noch lebenden Gefässen und dem Holz gebildeten Korklage vereint. Eine solche Vereinigung tritt nicht immer auf, vielmehr kann die erstgenannte Korkzone auch nahezu vertical in dem Stamm herabgehen, um sich erst am nächsten Internodium durch die fibrovasalen Oeffnungen des Holzkörpers nach der äusseren Korklage zu wenden. Dieser Fall wurde in Fig. 3, Taf. IV an einem Längsschnitt ausführlich gezeichnet, *n* ist jene verticale Korklage, die sich bei *w* mit dem Korke des peripherischen Holztheils *(m)* vereinigt; $g_{,,}$ bezeichnet hier die mit Beginn der neuen Vegetationsperiode angelegten Gefässe, welche auf der

linken Seite der Abbildung in einen schon entwickelten Spross ausbiegen, auf der rechten Seite dagegen sich mit den zuerst angelegten analogen Elementen ($g_{,}$ $g_{,,}$) vereinigen. Bei *r* findet sich eine noch unentwickelte Knospe vor.

In Fig. 4, Taf. IV endlich hat ein Fall Abbildung gefunden, der im Allgemeinen identisch ist mit demjenigen der Figur 2 derselben Tafel. Nachdem hier oberhalb des Knotens die Korkzone, auf die bereits angegebene Art, die Abschnürung des abgestorbenen fertilen Theils vollzogen hat, sind, durch die noch am Knoten vorhandenen Holzverbindungen, die Fäulnisserscheinungen dennoch auf die centrale Partie des lebenden Gewebes übertragen worden *(Z)*. In Folge dessen treten nachträgliche Korkbildungen auf, welche die Isolirung jener Theile veranlassen. Diese Bildungen gehen bei $w_{,}$ u. $w_{,,}$ durch das Mark, bekleiden endlich an letzterer Stelle (*n*) den inneren, bei *m* den äusseren **Theil** des noch vorhandenen Holzkörpers.

Bei *s* treten noch die callusartigen Zellneubildungen auf, die, nachdem der ansitzende abgestorbene Sprosstheil durch äussere Einflüsse abgebrochen — es geschieht das gewöhnlich an dessen schwächster Stelle bei *w* —, die Wundfläche durch Ueberwallung noch völlig schliessen.

Alles Weitere geht aus der Betrachtung der Figur selbst, deren Bezeichnungen dieselben sind, wie die der entsprechenden Figuren in der vorhergehenden Tafel, hervor.

Es leuchtet wohl ein, dass die hier, in Bezug auf das Absterben des fertilen Sprosses, angeführten Fälle nicht die einzigen sind, welche vorkommen können. Je nach den äusseren Einflüssen werden sich die auftretenden Zersetzungserscheinungen, in dem einen oder anderen Gewebe, mehr oder weniger Geltung verschaffen, und hiernach richtet sich der Modus der Korkbildung. Um nicht zu sehr zu ermüden, ferner weil ich glaube, das Hauptsächlichste in dieser Richtung gegeben zu haben, möchte ich von der Anführung weiterer Fälle, die zumeist Combinationen der hier gegebenen sind, abstehen.

In Bezug auf die Art und Weise des Entstehens des Korkes, der hier eine so wesentliche Rolle spielt, hätte ich dagegen noch Folgendes zu bemerken.

Der Korkbildung fähig sind die Zellelemente der Epidermis und Rinde, ferner des Markes, endlich des parenchymatischen Theils des Gefässbündels. Ausgeschlossen erscheinen vor allen Dingen die Holzzellen, die Gefässe und die Tracheïden.

Soll in einem der Korkbildung fähigen Gewebe eine Korklage angelegt werden, so theilt sich die betreffende Mutterzelle und lässt zwei tafelförmige bis kubische Tochterzellen entstehen. Die eine dieser zwei entstandenen Zellen theilt sich nun in derselben Richtung weiter, der ersten Zelle eine neue hinzufügend. Auf diese Art wird eine Korklage erzeugt, deren theilungsfähige Zellen sich entweder auf der einen oder anderen Seite der betreffenden Lage befinden. Ein bestimmter Modus der Theilungsrichtung des Korkcambiums lässt sich für die hier aufgezeichneten Fälle nicht feststellen, und es liegt hierin gerade ein Unterschied gegenüber der von Sanio[1]) beobachteten Ent-

[1]) Sanio, vergleichende Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung des Korkes. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Band II. 1860.

stehung der peripherischen Korkbildungen des Stammes. Während nach Sanio die in Epidermis, Rinde oder Bast auftretenden Korkbildungen einer im Allgemeinen centripetalen Thätigkeit des Korkcambiums ihr Entstehen verdanken, lässt sich bei der Korkanlage im Innern des Stammes von *Sedum spurium* eine so bestimmte Thätigkeit des Korkcambiums nicht nachweisen. Die von Sanio betrachteten peripherischen Korkbildungen der Stammtheile sind als mehr normaler Natur anzusehen, die besprochenen ähnlichen Bildungen bei *Sedum spurium* scheinen mehr oder weniger pathologischer Natur. Sie wurden veranlasst durch Fäulnisserscheinungen der betreffenden Stammtheile, und je nach dem Orte des Auftretens jener Zersetzungserscheinungen wird die betreffende schützende Korkzone angelegt, eine bestimmte Richtung der Thätigkeit des Korkcambiums ist somit hier mit Sicherheit nicht feststellbar. Im Allgemeinen kann jedoch gesagt werden, dass dasselbe nicht der erkrankten Gewebestelle, sondern den noch lebensfähigen Zellen anliegt.

In Fig. 13, Taf. II ist ein Stück eines Holzkörpers *(i)* des fertilen Sprosses von *Sedum spurium* gezeichnet, das, als erkrankt, vom Kork sowohl nach innen als nach aussen von den angränzenden Geweben abgetrennt werden soll. Die innere Korkzone *(n)* entsteht aus einer Parenchymlage des Gefässtheils des entsprechenden Bündels, deren Zellen aus ihrer in der Längsrichtung gestreckten Form erst durch Quertheilungen sich parenchymatischer gestalten. Alsdann treten die entsprechenden, hier tangentialen Quertheilungen des Korkes so auf, dass die theilungsfähigen Zellen, also das Korkcambium, nach den Gefässen hin zu liegen kommen. Die Zellen der Korkzone beginnen bald mit dem Verkorkungsprocess ihrer Zellmembranen, die betreffenden mikrochemischen Reactionen weisen die Verkorkung der jungen Wände bereits bald nach deren Anlage nach. In Bezug auf die Form erscheinen die Korkzellen als tafelförmig gestaltet, die tangentialen Wände sind leicht gewölbt. Von anderen Zellarten unterscheiden sie sich leicht, sowohl durch das starke Lichtbrechungsvermögen ihrer Membranen, als auch durch den Mangel an Intercellularräumen, endlich durch die radiale Anordnung ihrer Reihen.

Aehnlich im Bau, doch verschieden ihrer Entstehung nach verhält sich die äussere Korkzone bei *m* (Fig. 13, Taf. II). Hier befindet sich die Zelllage, aus welcher der Kork entsteht, zwischen Holz und Basttheil des Gefässbündels. Diese Lage ist ihrer Gesammtform nach ähnlich der analogen, innerhalb des Holzes liegenden Zellreihe, aus welcher der ersterwähnte Kork hervorging. Auch die ersten Theilungen gleichen jener, der Unterschied liegt nur in der Stellung des Korkcambiums, das hier dem Bast resp. der Rinde anliegt, somit die Korkzone in centrifugaler Richtung entstehen lässt.

Noch unregelmässiger wird die Anordnung des Korkcambiums, wenn die Korkzone, wie das in den auf Taf. III u. IV gezeichneten Fällen geschieht, durch Mark- und Gefässtheile hindurch geht, und da bald horizontal, bald vertical, bald geneigt von einer zur andern Richtung verläuft. Aber auch hier lässt sich im Allgemeinen die Regel aufstellen, dass die fortbildungsfähige Zone stets dem noch lebenden, nicht dem abgestorbenen oder absterbenden Gewebe anstösst.

Treten, wie das häufig vorkommt, Verstärkungen der einzelnen Korklagen auf, so kann entweder das Korkcambium der betreffenden Lage diese Verstärkung herbeiführen, oder es constituirt sich eine neue Zellreihe als Korkcambium. Der letztere Fall scheint besonders dann der häufigere

zu sein, wenn zwischen der Neuanlage und der Entstehung der ersten Korkzone ein grösserer Zeitraum liegt.

Es geht somit aus dem Gesagten hervor, dass die Korkbildungen, welche aus pathologischen Ursachen hervorgerufen wurden, gegenüber den von Sanio beobachteten peripherischen, mehr normalen, Bildungen schon durch die Verschiedenheit der Stellung des Korkcambiums gekennzeichnet sind, dass hier bald centrifugal, bald centripetal die Korkreihen entstehen.

Wir werden uns jetzt zu der Art und Weise der Verdickung derjenigen kriechenden Stammorgane von *Sedum spurium* zu wenden haben, die durch den Absterbeprocess der ansitzenden fertilen Stämme mehr oder weniger beeinflusst worden sind.

4. Stammverdickung der basalen, unterhalb der abgestorbenen fertilen Zweige liegenden Stammtheile.

Die normale Verdickung der am Boden kriechenden Stämme von *Sedum spurium* ist bereits in früheren Kapiteln erörtert worden. In jenen Theilen, die zum grössten Theil aus den weiterwachsenden sterilen Zweigen gebildet werden und physiologisch als Reservestoffbehälter fungiren, erfolgt keine Verstärkung des Gefässsystems durch Holzbildungen; wie Fig. 6, Taf. I das ausdrückt sind hier nur Gefässzellen, Tracheïden und Parenchym einestheils, Weichbast anderntheils vorhanden, und ein ringförmiges Cambium theilt, allerdings auf ungleichmässige Weise — die Bündel bei *b* bleiben zurück —, den erwähnten Zellformen neue ähnliche zu.

Diesen Stammtheilen sitzen oder sassen nun auch fertile Stämmchen an, die, wie wir gesehen haben, zu ihrer Verstärkung einen Holzkörper anlegen, welcher, soweit der junge Spross aufrecht steht, vollkommen, soweit er dem Boden anliegt, unvollkommen oder vollständig aufgelöst erscheint. Nur in seltenen Fällen münden bei unserer Sedum-Species noch Stücke von ihm in die Mutteraxe ein. Nach dem Absterben der blühenden Sprosse besitzen deren bestehenbleibende Basalstücke somit immer noch mehr oder weniger starke sichelförmige Theile eines Holzkörpers, und da an jenen Partieen ja fertile wie sterile Sprosse der nächsten Vegetationsperiode entstehen, so entwickeln, resp. verdicken sich die kurzen Stammstücke auch weiter. Eigenthümlich wird diese Stammverdickung nur dadurch, dass einestheils jene Holzrudimente in der verschiedensten Anordnung den übrigen Gewebeelementen gegenüber sich vorfinden, anderntheils von den Absterbestellen der fertilen Sprosse aus sich noch pathologische Einflüsse geltend machen, die eine ebenfalls eigenthümliche Gewebeanordnung zur Folge haben.

Ich will bei der Schilderung dieser Verhältnisse von denjenigen Stammpartieen von *Sedum spurium* ausgehen, die unterhalb der Absterbestellen des fertilen Sprosses zu liegen kommen.

In Fig. 1, Taf. V ist der Querschnitt eines derartigen Stammstückes gegeben. In dem letzteren befindet sich ein sichelförmiger Holzrest, der grösstentheils nach innen wie nach aussen *(m n)* noch von Kork bekleidet ist. Wir sehen also, dass jene Korkzonen den Holzkörper noch bis tief in den Stamm hinein umgeben, und die gelbe Farbe desselben rechtfertigt hier noch diese Umhüllung. Der

grösste Theil der Zellen desselben besitzt noch das gelbe, auf Zersetzungserscheinungen deutende Aussehen, nur an den beiden Enden des Holzstückes bei *f* ist jenes geschwunden, und hier verlieren sich auch die erwähnten Korkumhüllungen. Eingeschlossen von der inneren Korkzone finden sich noch bei *b* die Reste der abgestorbenen Gefässe vor, der grösste Theil der im ersten Jahr angelegten Gebilde blieb erhalten und functionirt weiter. Eine cambiale Zone *Cb* endlich, die im zweiten Vegetationsjahr an normaler Stelle auftrat, entwickelt einestheils die holzfreien Stellen des Gefässsystems weiter *(f* u. *b)*, anderntheils finden durch sie, jenseits des verkorkten Holzstückes *(r)*, neue Gefäss- wie Siebtheile ihre Anlage. Die noch erhaltenen, sowie die neuen Gefässbündel führen nach den Blättern, resp. Knospen, welche im Vorjahre am Vegetationspunkt angelegt, sich jetzt weiter entwickeln sollen.

In Fig. 2, Tafel V hat ein Querschnitt durch eine tiefer liegende ähnliche Stammpartie Abbildung gefunden. Hier zeigt sich, dass, trotzdem die Schnittstelle tiefer lag, der Holzkörper *(Hzr)* noch vollkommener vorhanden war und noch nahezu kreisförmig zusammenschloss. Ferner sind hier die erwähnten Zersetzungserscheinungen zurückgetreten. Nur noch eine kleine Stelle des Holzes besitzt die gelbliche Färbung und ist von Kork umgeben, die übrigen Theile stehen direct mit centralen wie peripherischen Geweben in Verbindung. Das primäre Gefässsystem ist noch völlig erhalten, und eine eben erst aufgetretene Cambiumzone hat noch wenig Gelegenheit zur Stammverdickung gefunden. Es sind durch sie bis jetzt nur bei *r* neue Gefässe entstanden.

In Fig. 3, Tafel V endlich ist ein Fall gegeben, in welchem der Holzkörper sich nicht in ein, sondern in zwei Stücke aufgelöst hat. Auf der linken Seite der Abbildung findet sich das grössere, auf der rechten das kleinere sichelförmige Holzstück vor. Letzteres ist völlig gesund, ersteres noch von Krankheitserscheinungen theilweise ergriffen und demgemäss auch zum grossen Theil von Kork umgeben. Mit Beginn der neuen Vegetationsperiode findet sich ebenfalls ein Cambium ein, das sich ähnlich wie in den ersterwähnten Fällen verhält.

Alle diese betrachteten Querschnitte sind Stammtheilen entnommen, die eben in die zweite Vegetationsperiode eintraten. Beobachten wir jetzt ähnliche basale Stammstücke des nächsten, also des dritten Jahres. An diesen wurden im Vorjahr sowohl sterile wie fertile Seitenaxen ausgebildet; letztere sind nahe der Basis abgestorben, erstere bestehen geblieben. Beide zeigen die diesen Gebilden zukommende mehrfach besprochene Gewebeanordnung.

Was nun den Bau der erstgenannten Theile, die eben in das dritte Vegetationsjahr eintreten, anlangt, so ist über sie Folgendes zu bemerken.

Das sichelförmige Holzstück, welches im ersten Jahr in den basalen Partieen entstand, findet sich noch mehr oder weniger vollkommen erhalten vor, ist gewöhnlich gesund und in diesem Falle auch ohne Korkzone. Hinsichtlich seiner Orientirung gegenüber anderen, besonders fibrovasalen Gewebetheilen zeigen sich die früher bereits angedeuteten Verschiedenheiten, die hier im Allgemeinen in zwei Hauptgruppen betrachtet werden können.

Nehmen wir an, dass der noch vorhandene Holzkörper die Form eines Halbkreises besitzt, so kann dieser letztere so gestellt sein, dass er eines der erwähnten entwicklungsfähigen Gefässbündel *(a)*

deckt, das opponirte dagegen frei lässt, dass ferner von den, mit jenen kreuzweise gestellten, in ihrer Entwicklung zurückgebliebenen Bündeln *(b)* entweder beide noch unter das Holzstück zu liegen kommen (Fig. 4, Taf. V), oder dass das eine oder andere von ihnen je nach der Grösse des Holzrudimentes gedeckt oder frei gelassen erscheint.

Dem entgegen steht der zweite Fall, welcher in Fig. 5, Taf. V zum Ausdruck gebracht wurde. Hier umfasst der Holzhalbkreis die gegenständigen fortbildungsfähigen Gefässbündel in der Art, dass er jedes der letzteren zum Theil deckt (bei *f*, Fig. 5, Taf. V), zum Theil freilässt. In die Mitte der Holzsichel gestellt findet sich ein kleiner Fibrovasalstrang vor *(b)*, das demselben opponirte kleinere Gefässbündel ist völlig frei.

Die Art der Stammverdickung dieser basalen Stammstücke richtet sich nun nach der Stellung der rudimentären Holztheile, sie erscheint aber in allen von mir untersuchten Fällen eine mehr oder minder unregelmässige. Besonders treffen jene Unregelmässigkeiten den Fibrovasalkörper der betreffenden Stämme.

Im ersten Fall ist die cambiale Zone folgendermassen thätig.

Zunächst wird das freistehende grosse Gefässbündel (Fig. 4, Taf. V *a*) weiter gefördert, das heisst, es entstehen hier auf normale Art Gefässzellen, Tracheïden, Weichbast, erstere gewöhnlich, nach der Zeit in der sie angelegt wurden, mit grösserem oder geringerem Querdurchmesser.

Die kleineren Fibrovasalstränge bei *b* erhalten dagegen jenseits des Holzringes keinen Zuwachs, an ihrer Stelle (*f*, Fig. 4, Taf. V) wird parenchymatisches Gewebe erzeugt.

Theilweise Fortbildung erfährt endlich die zweite, unter der Holzsichel bei *a* liegende, grosse Gefässgruppe, und zwar wird, nicht vollständig in radialer Richtung mit den erst entstandenen Theilen, ferner etwa in der Hälfte der Ausbildung der ersteren, eine Gefässpartie ausserhalb des Holzkörpers *(r)* ausgebildet.

Gleichmässigere Entwicklung nehmen gewöhnlich die grösseren Gefässstränge in dem schon erwähnten zweiten Falle (Fig. 5, Taf. V). Hier werden besonders die nicht von der Holzsichel gedeckten Partieen jener Stränge *(f)* durch das Cambium weiter gefördert; die kleineren Bündel bei *b* bleiben auch hier zurück. Endlich entsteht auch in diesem Falle ausserhalb des Holzkörpers (man vergl. *(r)* Fig. 2, Taf. VI) eine kleine, hier nicht gezeichnete Gefässgruppe.

Als gemeinsam erweist sich in beiden Fällen, dass vorzugsweise diejenigen der grösseren Gefässbündel weiter verstärkt werden, welche von dem Holzhalbkreis nicht gedeckt sind. Ferner ergibt sich eine Differenzirung der Gefässe in der Richtung ihres Querdurchmessers; es werden kleinere oder grössere derartige Elemente angelegt, die meist in verschiedenen Jahren entstehen, unter Umständen aber auch, analog der Differenzirung der Holzzellen bei den Jahresringen, in einer und derselben Vegetationsperiode gebildet werden können. Die grösseren Gefässe entstehen in letzterem Fall im Frühjahr, die kleineren im Herbst.

In weiteren Jahren schreitet die geschilderte Verdickungsweise der alten basalen Stammreste mit grösserer oder geringerer Intensität weiter fort; die cambiale Thätigkeit wird mit zunehmendem Alter dieser Organe eine schwächere, später erlischt sie gänzlich, und jene Theile gehen zu Grunde.

Bevor das geschieht, zeigen sich dagegen gewöhnlich noch Verstärkungen des Organs durch Holzbildungen, und diese treten dann in folgender Weise auf.

Die cambiale Zone lässt früher oder später, gegenüber dem bereits vorhandenen Holzstück eine neue Holzsichel entstehen, und zwar hängt deren frühere oder spätere Bildung von der Entwicklung seitlicher Sprosse ab. Wenn solche in reichlicher Zahl an dem kurzen Stammstück ausgebildet worden sind, besonders wenn jene Theile als fertil ebenfalls mit Holz versehen wurden, kommt die Verstärkung der Mutteraxe zu Stande, und das hier neu entwickelte Holzstück läuft alsdann in die Seitenaxen aus.

Mehr wie einen derartigen neu entstandenen Holzstrang habe ich in den betreffenden Theilen, selbst wenn sie bereits sehr alt waren, nicht vorfinden können.

In Fig. 5, Taf. V bei *Hzr,,* legt das Cambium ein derartiges neues Holzstück an. Die betreffenden Zellen sind hier noch zartwandig, sie lassen noch nichts von den Verdickungen, die den Holzzellen eigen, sehen. Ferner würde zu erwähnen sein, dass hier diese Verstärkung des basalen Stammes frühe, im dritten Jahre, eingetreten ist. Gewöhnlich erfolgt sie erst später, etwa in Entwicklungsstadien, wie sie in Fig. 1 u. 2, Taf. VI in Querschnitten Abbildung gefunden haben.

Die erste Figur der letzterwähnten Zeichnungen stimmt, was die Orientirung des ersten Holzhalbkreises anlangt, mit dem in Fig. 4, Taf. V ausgedrückten Fall überein. Das eine grosse Gefässbündel *(a)* erscheint gedeckt, das andere frei gelassen, und das letztere hat sich dann im Verlauf der Jahre vorzugsweise verstärkt. Die Differenzirung in der Grösse der Gefässelemente tritt hier deutlich hervor. Die primären derartigen Gefässe *(a)* sind von kleinerem Querdurchmesser. Bei *a,* finden wir jene Gebilde zunächst in grösserer, später in kleinerer Form. Diese Schicht dürfte in einem Jahr angelegt sein, im nächsten entstand alsdann die Lage *a,,* zusammen mit dem Holze *Hzr,,*. Abgesehen von den kleineren primären Gefässzellen sind hier somit Gefässlagen vorhanden, die verschiedenen Jahren entstammen und zunächst grössere, dann kleinere Gefässelemente aufweisen. Die Differenzirung ähnelt derjenigen der Holzzellen der Pflanzen, welche deutliche Jahresringe sehen lassen.

Ueber diesen Theilen findet sich, neu angelegt, die zweite Holzsichel (*Hzr,,* Fig. 1, Taf. VI) vor. Analog der ersten gebaut, schwindet sie, wenn man tiefer in den Stamm geht, allmählich. Nach oben tritt sie in eine oder mehrere fertile Seitenaxen ein und vervollständigt sich hier zu einem geschlossenen Holzringe.

Gegenüber dem neuen Holzkörper liegt das alte, im ersten Jahr entstandene Holzstück (*Hzr,* Fig. 1, Taf. VI); dieses, ursprünglich nicht von Fäulniss ergriffen, wurde in der Zeit ebenfalls in den Erkrankungsprocess hineingezogen und demgemäss mit Kork umgeben. Jene Korkhüllen haben sich im Verlauf der Jahre verstärkt, der innere, älteste, dem Holze zugekehrte Kork scheint ebenfalls angegriffen zu sein, wenigstens sind seine Contouren nur noch schwach und wenig regelmässig, seine Zellen und Zellreihen mehr oder weniger verletzt. Die äussere Korkschicht dagegen (*m,,*) besitzt ganz den typischen Bau.

Völlig von einer Weiterentwicklung ausgeschlossen werden die kleineren Gefässbündel bei *b*;

theilweise ist das der Fall von dem unter dem ersten Holzhalbkreis gelegenen, grösseren Gefässstrang bei *a*. Dieser hat, jenseits des Holzes bei *r*, nur eine geringe Verstärkung erfahren.

Eine Cambialzone findet sich in gegenwärtigem Entwicklungsstadium nicht vor. Das Stammstück wurde im Herbst untersucht, die cambiale Thätigkeit war somit erloschen. Im nächsten Frühjahr würde die cambiale Zone an normaler Stelle wieder auftreten, um die über dem neuen Holzstück bei *s* angelegten vorjährigen Gefässe zu verstärken. Dasselbe geschieht mit den analogen Gebilden bei *r*. Eerner entstehen nach innen noch parenchymatische Gewebe, nach aussen, mit Ausnahme des über den Gefässelementen entwickelten Weichbastes, wenige ähnliche Formen.

Die Theilungsintensität des Cambiums hat bei Stammstücken der hier gezeichneten Art wesentlich abgenommen. Jene Theile, die etwa 5 Jahre alt sein dürften, verdicken sich jetzt nur noch unwesentlich und nähern sich ihrem Ende.

Die innere, dem Gefässtheil angrenzende Rindenlage besitzt Zellen von abgeplatteter Gestalt, die viel Gerbstoff führen. Die Zellelemente der Aussenrinde dagegen sind rundlich, lassen grössere Intercellularräume zwischen sich sehen und werden über und über mit Stärke erfüllt.

Eine äussere Korkzone ist immer vorhanden. Je nach dem Alter des betreffenden Stammstückes erscheint sie von grösserer oder geringerer Stärke.

Wie Fig. 1, Taf. VI als vorgeschrittenes Stadium des in Fig. 4, Taf. V gezeichneten Stammquerschnittes aufzufassen ist, so erscheint Fig. 2, Taf. VI als vorgeschrittener Entwicklungszustand von Fig. 5, Taf. V. Verschieden war bei beiden die Stellung des ersten Holzstücks, die weitere Stammverdickung zeigt sich demgemäss alterirt. Weitergebildet sind, wie aus Fig. 2, Taf. VI hervorgeht, vorzugsweise die frei vom alten Holzkörper liegenden Gefässpartieen (bei *f*, Fig. 5, Taf. V); endlich gelangt bei *r* eine nicht unwesentliche Gruppe Gefässzellen zur Entwicklung, deren Stellung zu den primären ähnlichen Theilen nicht völlig klar erscheint.

Alle anderen Verhältnisse können als analog denen von Fig. 1, Taf. VI aufgefasst werden. Zu erwähnen wären da nur noch die Korkzonen des älteren Holzstückes, welche hier in grösserer Zahl aufgetreten sind. Auch erscheint die zuletzt angelegte Holzsichel (*Hzr*$_{,,}$) von Zersetzungserscheinungen ergriffen und demgemäss von Kork, soweit dies nöthig, umhüllt. Jenes Stück bog in fertile Zweige ein; die Erkrankung des dort befindlichen Holzringes hat sich hier bis in die Mutteraxe fortgepflanzt.

In dem Vorstehenden habe ich die Hauptfälle des Baues, wie der weiteren Entwicklung der basalen Stammorgane geschildert. Es leuchtet ein, dass Uebergänge von der einen zur andern Form auftreten können, es bedarf ja hierzu nur einer mehr oder minder abweichenden Stellung des ersten, wie des später entstandenen Holzhalbkreises gegenüber den Gefässgruppen. Ebenso müssen abweichende anatomische Bilder entstehen, wenn der oder die Holzkörper mehr oder weniger vollständig vorhanden sind. Alles das sind Fälle, die sich aus dem bereits Gesagten hinlänglich erklären lassen, deren specielle Betrachtung hier zu weit führen würde.

Es möge jetzt, nachdem die Schilderung der Entwicklung der oberirdischen Stammorgane von *Sedum spurium* erschöpft, zur näheren Betrachtung der Wurzeln übergegangen werden.

5. Die Entwicklung der Wurzel.

In der morphologischen Einleitung sahen wir bereits, dass die rasenbildenden Sedum-Arten zweierlei Wurzelorgane zu bilden vermögen. Vorzugsweise an den jüngeren basalen Theilen des quantitativ sehr bedeutend entwickelten, oberirdischen Stammapparates erscheinen in grosser Anzahl sehr dünne, fadenförmige Wurzeln, welche keiner weiteren Verdickung fähig sind und mit jeder Vegetationsperiode absterben, um im nächsten Jahr durch neue ähnliche Bildungen ersetzt zu werden.

Gegenüber den zarten Saugwurzeln sind die besonders an den älteren Stammtheilen vorhandenen Dauerwurzeln zu erwähnen, welche, mit Ausnahme der weiterwachsenden Enden, sich schon früh mit einer Korklage bedecken. Diese Organe treiben in geringer Menge Seitenwurzeln, und letztere verhalten sich entweder ihrer Mutteraxe in ihrer ferneren Entwicklung gleich, oder sie erlangen ähnlich den Saugwurzeln nur eine unwesentliche Verdickung und sterben jährlich ab.

Physiologisch scheinen die Dauerwurzeln für die Stoffaufnahme nur zeitweise und vielleicht auch da nur eine unbedeutende Rolle zu spielen, dagegen übereinstimmend mit den älteren kriechenden Stammpartieen zur Unterbringung der Reservestoffe nothwendig zu sein. Zur Entnahme der Nährstoffe aus dem Boden sind vorzugsweise die in sehr bedeutender Zahl vorhandenen zarten Saugwurzeln geeignet.

Der Entstehungsort ist bei beiden Wurzelorganen insofern derselbe, als sie ihren Ursprung in der Nähe der axilen, noch unentwickelten Knospen des Stammes oder an ähnlichen Theilen der austreibenden Knospe selbst nehmen. Angelegt werden sie meist in dem Interfascicularcambium des betreffenden Sprosses oder in den äussersten Schichten des Siebtheils des Gefässbündels der letzteren.

Treten wir jetzt dem anatomischen Bau der zarten Saugwurzel von *Sedum spurium* etwas näher. Geeignete Querschnitte durch derartige Organe gelingen bei der Kleinheit der Wurzeln am besten, wenn man eine Anzahl derartiger Gebilde zusammenpackt und gemeinsam schneidet. Neben einer grösseren Zahl unbrauchbarer Schnitte trifft man hin und wieder solche, welche geeignete Präparate abgeben.

In Fig. 2, Taf. VII ist der Theil eines Querschnittes durch ein derartiges Wurzelorgan gegeben. Wir unterscheiden eine scharf ausgeprägte, zartwandige Epidermis, ein fünf bis sechs Zelllagen starkes Rindengewebe mit runden Zellformen und deutlich sichtbaren Intercellulargängen, endlich einen axilen Procambiumstrang (*h*, Fig. 2, Taf. VII). Der letztere besteht aus den typischen, hauptsächlich in der Längsrichtung des Stammes getheilten jungen Zellen, und an vielen Stellen des centralen Gewebekörpers sind jene Uebergangsformen zum definitiven Gefässsystem bereits bis zur Gefässbildung gediehen. Bei *g* der genannten Zeichnung finden sich, sehr regelmässig kreuzweise gestellt, vier einfache Gefässreihen mit je drei Gefässzellen vor, und diese sind, wie ich mich an anderen Querschnitten zu überzeugen Gelegenheit hatte, centripetal im Procambium entstanden. Die deut-

liche Ausbildung eines Siebtheils an normaler Stelle, also zwischen den Gefässreihen, konnte ich nicht wahrnehmen. Endlich trat hier eine Cambialzone nicht auf, die bereits entstandenen Gefässelemente blieben unverstärkt, überhaupt verharrte die Wurzel auf der in Fig. 2, Taf. VII ausgedrückten niederen Entwicklungsstufe.

Eine weit bedeutendere Ausbildung erlangen dagegen diejenigen Wurzeln, welche oben als ausdauernde bezeichnet wurden. In den ersten Entwicklungsstadien haben dieselben, abgesehen davon, dass sie gleich von Anfang an massiger angelegt werden, mit den zarten Saugwurzeln grosse Aehnlichkeit. Epidermis wie Rinde stimmen dem Bau nach mit ihnen überein, auch der axile Procambiumstrang mit den kreuzweise gestellten Gefässreihen ist vorhanden; doch sind diese letzteren nicht einfach, sondern es entstehen an den betreffenden Stellen des Procambiums gleich kleine Gefässgruppen, die peripherisch vielzellig nach innen an Zahl abnehmen. Endlich gehen die Gefässelemente bis ins Centrum des axilen Stranges vor, und es werden in späteren Stadien, auch zwischen jenen vier kreuzweise gestellten Bündeln, Gefässe angelegt, so dass alsdann deren ursprüngliche Anordnung mehr verschwindet. (Man vergl. Fig. 1, Taf. VII, *g*).

Die Verdickung dieser Organe wird durch eine cambiale Zone an dem peripherischen Theil des Procambiumkörpers eingeleitet, die centripetale Entwicklung der Gefässe geht somit in eine centrifugale über; es werden ferner peripherisch die ersten Weichbastgruppen (*B*, Fig. 1, Taf. VII) angelegt. Zwischen den kreuzweise gestellten ersten Gefässgruppen habe ich auch hier keine deutliche Ausbildung eines Siebtheils wahrnehmen können, erst mit dem Eintritt in die centripetale Verdickungsweise fand ich Weichbast ausserhalb der Cambiumzone vor. Der letztere fährt nun fort, nach innen Elemente des Gefäss-, nach aussen solche des Siebtheils zu erzeugen und zwar erstere ohne Unterbrechung im ganzen Umfang der Wurzel, so dass ein centraler Cylinder gebildet wird, der aus Gefässelementen und den diese mit einander verbindenden, dünnwandigen, langgestreckten Zellformen besteht. Die cambiale Thätigkeit erlischt endlich am Ende der betreffenden Vegetationsperiode; erst im nächsten Frühjahr tritt an normaler Stelle wieder ein Cambium auf.

Hinsichtlich der histologischen Elemente des Siebtheils kann auf das gelegentlich der Stammanatomie Gesagte verwiesen werden. Auch für den Gefässtheil gilt so ziemlich dasselbe, denn hier finden sich in Mehrzahl Tracheïden, seltener Gefässe mit völliger Durchbrechung der Querwände vor. In Bezug auf die Grösse wechseln grössere oder kleinere Gefässelemente, resp. Gefässzellen von grösserem oder geringerem Querdurchmesser, schichtenförmig mit einander ab (*g*, *g*, Fig. 1, Taf. VII); sie wurden, je nach der Zeit, in der sie entstanden, verschieden gross angelegt.

Einen Holzkörper haben die meisten derartigen Wurzeln nicht. Nur sehr selten kommt es vor, dass ein sichelförmiges Holzstück hier durch das Cambium erzeugt wird. Ist ein solches construirt worden, so steht es immer in directem Zusammenhang mit einem fertilen Spross, die Wurzel sitzt alsdann einer blühenden Stammaxe an, und deren mehr oder minder vollkommener Holzring verläuft bis in jene.

Das Rindengewebe der Wurzel von *Sedum spurium* (*R*, Fig. 1, Taf. VII) ist stark entwickelt. Seine Zellen erscheinen rund, construiren Intercellularräume und sind reichlich mit Stärke gefüllt.

Peripherisch tritt die Korkbildung frühzeitig auf. Meist entsteht die Korkschicht aus der Epidermis, seltener nehmen auch tiefer liegende Zellschichten an der Ausbildung des Korkes Theil.

Alles Weitere geht aus Fig. 1, Taf. VII, welche einen Theil eines Querschnittes durch die ältere Wurzel von *Sedum spurium* darstellt, deutlich hervor.

Ueber die Vegetationspunkte der fadenförmig dünnen sowohl, wie der sich verdickenden Wurzeln unserer Pflanze dürfte endlich noch Folgendes zu erwähnen sein.

Bei der zarten Saugwurzel gestalten sich die Verhältnisse sehr einfach; es gelingt bei jungen Wurzeln häufig leicht mittelst Anwendung von Kali und Essigsäure die ganze Wurzelspitze aufzuhellen. Besonders ist das dann der Fall, wenn in derselben keine rothen Farbstoffe — welche in manchen Altersstadien hier aufzutreten pflegen — vorhanden sind. Alsdann sieht man, dass die wenigen Initialen des Pleroms auf die, eine Zelllage starken, Anfangszellen des Periblems stossen. Die jenen Elementen unterstellten Zellcurven beider Gewebe vervielfältigen ihre Reihen nicht wesentlich durch Theilungen in der Richtung der Längsaxe der Wurzel, die Verhältnisse bleiben einfach. Aus dem Plerom geht der centrale Procambiumcylinder hervor, und zwar ist derselbe leicht von den ihn umgebenden Periblemcurven zu unterscheiden. Das Dermatogen deckt die beiden Gewebeschichten und erzeugt auf normale Art, durch Tangentialtheilung, eine äusserst schwache Wurzelhaube.

Im Ganzen ähnlich, nur in allem massiger entwickelt zeigen sich die Vegetationspunkte der sich verdickenden Wurzelorgane. Plerom wie Periblemkörper besitzen doppelte bis dreifache Anzahl von Zellreihen gegenüber den erstgenannten Gebilden, ebenso ist die Wurzelhaube weitaus massiver angelegt.

Im Allgemeinen gestaltet sich die Anatomie der Wurzel von *Sedum spurium* normaler, als diejenige des Stamms; Abnormitäten kommen hier weniger vor.

Ehe ich mich nun von der Beschreibung der Entwicklung des Stammes und der Wurzel von *Sedum spurium* zu einer anderen Sedum-Species wende, möchte ich übersichtlich das Wesentlichste des Gesagten wiederholen.

Sedum spurium gehört zu denjenigen Sedum-Species, welche reichlich oberirdisch kriechende Stammtheile entwickeln. Während die älteren, derartigen Stämme dem Boden anliegen, erheben sich die jüngsten theilweise von denselben, sich zu fertilen oder sterilen Sprossen ausbildend. Letztere vergrössern durch Weiterwachsen den vorhandenen Stammapparat vorzugsweise, sie erzeugen zunächst an unteren, später auch an höher liegenden Stammpartieen Seitentriebe, denen die Fähigkeit innewohnt, sich zu fertilen oder sterilen Bildungen zu entwickeln.

Die blüthetragenden Zweige sterben nach Erfüllung ihrer physiologischen Functionen ab, und zwar geschieht dies bis zu derjenigen Stelle, an welcher sich der kriechende, junge Stammtheil vom Boden erhob, um aufrechte Haltung anzunehmen. Die basalen zurückbleibenden Stammstücke können den Stammapparat ebenfalls, wenn auch in vermindertem Masse, bereichern, indem sie ihre da befindlichen Achselknospen zu Sprossen der einen oder andern Art zur Ausbildung bringen.

Sterile wie fertile Zweige unterscheiden sich anatomisch wesentlich von einander. Erstere entbehren in ihrem Fibrovasalsystem der Holzzellen, letztere besitzen solche in Gestalt eines ge-

schlossenen Holzringes. Die übrigen Theile des Gefässsystems stimmen bei beiden überein; wir treffen in den Stammorganen von *Sedum spurium* gewöhnlich vier Blattspurstränge, deren Gefässtheil aus Tracheen und Tracheïden, deren Siebtheil lediglich aus Weichbast besteht.

Die grössere Masse des kriechenden Stammapparates unserer Sedum-Species geht aus den weiterwachsenden sterilen Bildungen hervor, diese entbehren auch in ferneren Entwicklungsstadien im Allgemeinen der mechanisch wirksamen Zellformen. Von den vier vorhandenen Gefässgruppen erlangen in Folge der Entwicklung vorzugsweise gegenständiger Seitentriebe nur zwei, seitens einer ringförmigen Cambiumzone, eine Fortbildung; die mit ihnen gekreuzt stehenden Bündel werden nach dem ersten Jahre nicht weiter gefördert, an ihre Stelle tritt parenchymatisches Gewebe. Geht man von solchen älteren Stammtheilen nach jüngeren Sprossen vor, prüft man besonders die den Mutteraxen ansitzenden fertilen Seitenzweige, so zeigt sich, dass nicht plötzlich ein Uebergang in den erwähnten anatomischen Bau der letzteren stattfindet, sondern, dass ein solcher allmählich eingeleitet wird. An der am Boden anliegenden Stammbasis des blühenden Zweiges erscheinen zunächst kleine sichelförmige Holzzonen zwischen Gefäss- und Siebtheil des Fibrovasalsystems, und diese vergrössern sich, je weiter man in den Stamm hinaufgeht. An der Stelle, wo der letztere sich vom Boden erhebt und aufrechte Stellung annimmt, ist der Holzring vollständig geschlossen. Nach Erfüllung seiner physiologischen Functionen stirbt der fertile Spross gewöhnlich bis zum Boden ab, das von hier nach der Mutteraxe führende Stammstück bleibt längere oder kürzere Zeit erhalten, besitzt in Bezug auf die mehr oder minder vollständigen Holzzonen einen eigenthümlich anatomischen Bau, der noch complicirt wird durch Krankheitserscheinungen, sowie deren Folgen, welche sich anlässlich des Absterbens seiner oberen Partie hier geltend zu machen pflegen.

Es ist ausführlich erörtert worden, wie die an der Absterbestelle des fertilen Sprosses liegenden gesunden Gewebepartieen sich gegen die in Fäulniss übergehenden, ansitzenden todten Gewebestücke zu schützen wissen. Umfassende Korkbildungen treten, je nach dem betreffenden Falle, verschieden auf, um gesundes von erkranktem Gewebe zu trennen, sie greifen sowohl in Mark wie in Rinde, durchlaufen jene Gewebe in horizontaler wie verticaler Richtung, isoliren unter Umständen durch ein Internodium hindurch den Holzkörper mit allen den von ihm umschlossenen Zellformen. Während die letzteren völlig absterben und verborken, bleibt die Rinde bestehen, das Cambium erzeugt an normaler Stelle neue Elemente des Gefässtheils. An den tiefer liegenden Theilen des basalen Sprossstückes schwinden die pathologischen Erscheinungen mehr und mehr, indessen erregen die hier noch vorhandenen Holzrudimente, die verschieden gegenüber den Gefässgruppen orientirt zu sein pflegen, die Aufmerksamkeit des Beobachters, die noch durch die Unregelmässigkeiten, welche gelegentlich der Verdickung dieser Theile hervortreten, gesteigert wird. Aeltere derartige Partieen besitzen einen höchst willkürlichen Bau, sowohl in Bezug auf Ausbildung und Stellung der jüngeren oder älteren Gefässgruppen, als auch auf die noch in späteren Jahren häufig hinzutretenden neuen Holzbildungen (man vergl. Fig. 5 u. 6, Taf. V; 1 u. 2, Taf. VI).

Jene basalen Theile können eine Reihe von Jahren weiter vegetiren, besitzen aber im Allgemeinen keine zu lange Lebensdauer, da von der Wundfläche aus sich nicht selten, trotz Korkab-

schluss, die Erkrankung, wenn auch nur allmählich, fortpflanzt. Mit deren Eingehen haben sich die Seitentriebe gewöhnlich schon basal genügend bewurzelt, um als selbständige Pflanzen existiren zu können.

Mit Wurzelorganen sind die älteren wie die jüngeren dem Boden anliegenden Stämme reichlich versehen. In Mehrzahl und besonders an jüngeren Stammpartieen finden sich die einjährigen zarten Saugwurzeln vor, mehr an älteren derartigen Theilen treffen wir die sich bis zu mässiger Stärke verdickenden Dauerwurzeln. Letztere umgeben sich mit Ausnahme ihrer weiterwachsenden Enden bald mit Kork und besitzen nur wenige Seitenwurzeln, die sich entweder der Mutterwurzel ähnlich ausbilden oder schwach bleiben und nach Art der Saugwurzeln jährlich absterben.

Die Entstehungsweise beider Wurzeln ist dieselbe, in ihrem anatomischen Bau stimmen sie im Allgemeinen mit analogen Organen der dicotylen Gewächse überein.

Physiologisch sind zur Nährstoffaufnahme die zarten Saugwurzeln besonders geeignet; in geringerem Grade gilt das von den Dauerwurzeln, die wohl mehr als Reservestoffbehälter zu betrachten sind.

Wir hätten somit Bau und Entwicklung einer Sedum-Species — *Sedum spurium* — ausführlich verfolgt und würden uns jetzt zur Betrachtung anderer anschliessender Sedum-Arten zu wenden haben. Zunächst möge hier *Sedum album* folgen.

IV. Sedum album L.

Wie *Sedum spurium,* so gehört auch *Sedum album* den rasenbildenden Arten an; die äusseren morphologischen Verhältnisse stimmen so ziemlich mit denjenigen der bereits betrachteten Species überein. Auch hier dauern sterile Stämme völlig aus und ergänzen vorzugsweise den oberirdisch kriechenden Stamm, auch hier sterben fertile Sprosse nach Erfüllung ihrer physiologischen Functionen bis zu ihrer Basis ab.

Zu bemerken wäre nur, dass die jetzt zu besprechende Species ihrem Bau nach schwächer erscheint, als *Sedum spurium,* dass endlich die Blattorgane nicht flach entwickelt sind, wie bei der letztgenannten Art, sondern die den meisten hieher gehörigen Species typische, nadel- bis walzenförmige Gestalt besitzen. Sie sind kleiner, erscheinen dagegen, spiralig angeordnet, in weitaus bedeutenderer Zahl an dem Stamm entwickelt. Hieraus ergibt sich das Vorhandensein einer grösseren Zahl der axilen Knospen, und zu ihnen führen im Stamme selbst eine grössere Anzahl Blattspurstränge. Bei schwächer entwickelten Stämmchen zeigt die mikroskopische Untersuchung deren fünf, bei stärkeren derartigen Organen sechs.

Betrachten wir zunächst den ersteren Fall etwas näher.

Unterhalb des Vegetationspunktes entstehen, hier isolirt, fünf Procambiumstränge, und in ihnen bilden sich, auf ähnliche Weise wie bei *Sedum spurium,* die ersten Elemente des Sieb- wie des Gefässtheils. Eine interfasciculare Vereinigung der genannten Stränge tritt erst später auf, und die hierdurch entstehende procambiale Ringzone wird bei den sterilen Stämmen bald durch die Vergrösserung und Ausbildung der einzelnen Bündel wieder bis zu gewissem Grade zerstört. Eine cambiale Thätigkeit zeigt sich hier in geringem Masse in den Gefässsträngen selbst, sie bewirkt die Dehnung der interfascicularen Zellen; die letzteren, ohne jedes Cambium, werden wieder grösser, den Mark- und Rindezellen ähnlicher, ohne jedoch deren Grösse nur annähernd zu erreichen.

Die Ausbildung des Grundgewebes stimmt vollkommen mit derjenigen von *Sedum spurium* überein.

In Fig. III, Taf. VII ist der centrale Theil eines Querschnittes des einjährigen sterilen Stämmchens von *Sedum album* gezeichnet. Hier sind fünf gleichmässig ausgebildete Gefässbündel vorhanden. An den der Kleinheit der Zeichnung wegen schraffirten Stellen bei *B* findet sich der Weichbast, bei *g* die erstentstandenen Gefässelemente vor. Von einem fascicularen Cambium ist, da jener Stammtheil im Herbst untersucht wurde, zwischen diesen beiden Theilen nichts zu sehen. Im

Frühjahr tritt ein solches an normaler Stelle auf, überbrückt die interfascicularen Stellen und verstärkt die bereits vorhandenen Gefässbündel durch neue analoge Elemente. Hierbei zeigt es sich aber bald, dass nicht sämmtliche Bündel eine Fortbildung erfahren. Wie bei *Sedum spurium* bleiben einige in ihrer Entwicklung zurück, das Cambium erzeugt da mehr parenchymatische Zellformen. Die letzteren erscheinen auf dem Längsschnitt als ziemlich bedeutend gestreckt und sind, auf Querschnitten betrachtet, engzellig und polyedrisch, sowie meist ohne Intercellularräume.

Gewöhnlich bleiben zwei Gefässstränge mit Beginn des zweiten Jahres aus Gründen, die im vorigen Kapitel erörtert wurden, zurück, das anatomische Bild wird ein verhältnissmässig unregelmässiges.

Fig. 4, Tafel VII zeigt einen zweijährigen sterilen Stamm von *Sedum album*, $g_{,}$ bezeichnet die im zweiten Vegetationsjahr angelegten Gefässzellen der fortbildungsfähigen Bündel, $g_{,,}$ die zurückgebliebenen Gefässstränge.

Die Verstärkung der erstgenannten Fibrovasalstränge schreitet mit jedem Jahr weiter fort, der kriechende dreijährige Stamm gelangt am Ende der betreffenden Vegetationsperiode in ein Entwicklungsstadium, wie es in Fig. 5, Tafel VII gegeben ist. Zwei aneinander stossende Gefässbündel haben sich hier *(d)* vereinigt; über der Vereinigungsstelle wurden die betreffenden Elemente des Gefässtheils, seitens des Cambiums, durch Tracheïden, Gefässe und sie verbindende Formen von mehr parenchymatischer Natur verstärkt. Es resultirt hier ein ziemlich massiver Halbkreis, bestehend aus Gefässelementen und zugehörigen, mehr parenchymatischen Zellformen. Seitlich denselben bei $g_{,,}$ befinden sich die zurückgebliebenen Stränge, gegenüber liegt das weiterentwickelte fünfte Bündel.

Alle übrigen Verhältnisse sind übereinstimmend mit *Sedum spurium.*

Während die Hauptmasse des kriechenden Stammes der Holzzellen entbehrt, wird bei dem jungen blühenden Spross, ähnlich der bereits betrachteten Sedum-Species, schon im ersten Jahre ein completer Holzring an normaler Stelle erzeugt. Ja es kommt hier manchmal vor, dass auch sterile derartige Gebilde, sofern sie sich bedeutender entwickelt haben, eine ähnliche Holzbildung sehen lassen. Dieser Holzring löst sich an der Basis des betreffenden Sprosses ebenfalls in strangartige Stücke auf, die endlich, je tiefer man in den Stamm hinabgeht, ganz wegfallen. Es zeigt sich aber hier, dass eben jene unvollständigen Holzzonen nicht so früh verschwinden, wie das bei *Sedum spurium* der Fall ist, dass sie noch längere Zeit erhalten bleiben und bis in die Mutteraxe des betreffenden jungen Sprosses reichen können. In Fig. 2, Taf. VIII wurde der Querschnitt eines derartigen und zwar älteren Muttersprosses, dem eine fertile Seitenaxe ansitzt, gezeichnet. Die Gefässstränge innerhalb des sichelförmigen Holzstückes *(Hzr)* sind, wie aus den zurückgebliebenen Gefässgruppen $(g_{,,})$ hervorgeht, zweijährig. Die gegenständigen zwei Gefässgruppen *(b)* haben, nachdem sie sich bei *d* vereinigt, eine Weiterentwicklung erfahren, es wurde endlich ausserhalb des Holzstückes das Gefässsystem verstärkt und zwar in einer Weise, dass jetzt nahezu im Gesammtumfang des Stammes Gefässelemente zu liegen kommen. Jenes Verhältniss steigert sich noch, denn während sich in dem etwa drei- bis vierjährigen Stammstück die Vereinigung noch nicht völlig vollzogen, sieht man an Fig. 3, Taf. VIII, — welch letztere Zeichnung den Querschnitt durch ein noch weit älteres

Stammstück gibt — dass hier im vollen Umfange des Stammes seitens des Cambiums Gefässelemente gebildet worden sind.

An jenem Querschnitt ist noch Folgendes bemerkenswerth.

Der Holzkörper eines ansitzenden, früher fertilen Sprosses reicht in Gestalt dreier grösserer oder kleinerer sichelförmiger Stücke *(e)* in die Mutteraxe hinein. Jenseits dieser Stücke erfolgten mit einer Ausnahme unter *e*, im ganzen Umfange des Stammes Gefässbildungen durch das Cambium; endlich wurde bei *e*, ein zweites Holzstück angelegt. Dasselbe stand in Verbindung mit einer sich später zum fertilen Spross ausbildenden Seitenaxe. Ueber dem Holzrest (*e*, Fig. 3, Taf. VIII) erfolgte alsdann in vollem Umfange des Stammes die Bildung von Gefässzellen, und diese schreitet, so lange jener Stammtheil lebt, weiter fort. Die cambiale Zone befindet sich hier gerade in Thätigkeit, und es ist zu bemerken, dass durch sie in weiteren Vegetationsperioden nur eine verhältnissmässig schwache Schicht neuer Gefässe den bereits vorhandenen analogen Elementen zugetheilt wird. Da diese Bildungen im ganzen Stammumfang erfolgen, so werden selbst mit dünnen Jahreslagen hinreichend genügende Mengen derartiger Zellformen erzeugt. Ein bedeutend älteres Stammstück zeigt ein quantitativ nicht viel stärkeres Gefässsystem; hierbei kommt allerdings noch der Umstand in Betracht, dass bei solchen Stammtheilen die cambiale Thätigkeit bereits geschwächt ist. Sie dauern nicht aus, sondern gehen nach einer Reihe von Jahren zu Grunde und isoliren damit die anhängenden Seitenaxen.

Geht man von den älteren zu jüngeren Stammpartieen über, so erhält man Stadien, wie sie zunächst Fig. 2, alsdann Fig. 1, Tafel VIII ausdrückt. In letztgenannter Zeichnung stehen die centralen, etwa zweijährigen Gefässgruppen in der bereits geschilderten Anordnung. Ueber ihnen findet sich der lediglich aus Holzzellen bestehende, schon geschlossene Holzring *(Hzr)* vor, doch ist letzterer bereits an einer Stelle schwächer angelegt. Ausserhalb desselben wurden seitens des Cambiums, etwa zwei Drittel im Umfange des Holzkörpers, Gefässe erzeugt.

Auch dieser Querschnitt stellt noch ein älteres Stammstück, das sich erst später zum blühenden Zweig ausbildete, dar; gemeinsam mit ihm sind seitliche einjährige Sprosse zum Blühen gelangt. Was den anatomischen Bau der letzteren betrifft, so erscheint derselbe verhältnissmässig einfach. In derartigen einjährigen fertilen Sprossen befinden sich die fünf Gefässgruppen in einem in Figur 3, Taf. VII ausgedrückten Entwicklungsstadium. Nur liegt über den noch gleichmässig entwickelten Gefässpartieen ein stets geschlossener Holzring.

Die Erscheinungen, welche gelegentlich des Absterbens der fertilen Theile an den noch lebenden Stammstücken auftreten, sind den in den vorhergehenden Kapiteln ausführlich an *Sedum spurium* geschilderten Verhältnissen sehr ähnlich, wesshalb ich sie hier ganz übergehen kann.

Ebenso erweisen sich die Wurzelorgane, in Bezug auf Entstehung und Ausbildung, als mit jener Species übereinstimmend. Auch hier erscheinen zarte Saugwurzeln vorzugsweise an jüngeren, sich verdickende derartige Gebilde an älteren Stammtheilen.

Fassen wir jetzt das Hauptsächlichste der Stammentwicklung von *Sedum album* zusammen.

Die kriechenden Stammtheile der letztgenannten Species entwickeln sterile wie fertile

Sprosse. Die letzteren besitzen gewöhnlich fünf, seltener sechs auf normale Art entstandene Fibrovasalstränge, welche ebenso normal einen Holzkörper bilden. Dieser löst sich, je tiefer man in den Stamm hinabgeht, auf; häufig reichen aber noch Holzstränge in die Mutteraxen hinein. In Folge dessen kommt es vor, dass die Mehrzahl der kriechenden Stammpartieen stellenweise mit Holzrudimenten versehen ist, es können sogar über einem solchen Holzstück weitere, einem späteren Entwicklungsstadium angehörige ähnliche Partieen eines zweiten Holzringes (Fig. 3, Taf. VIII *e*,) gewisse Strecken im alten Stammtheil entlang auftreten, falls an der Mutteraxe später neue fertile Seitentriebe entwickelt worden sind. Bei *Sedum spurium* war dies um desswillen in diesem Masse nicht der Fall, weil der fertile Spross ganz gewöhnlich den Holzkörper vor Eintreten in die ältere Axe völlig schwinden liess; nur in dem kurzen Stammrest, der zwischen jener und der Absterbestelle lag, entstanden in späteren Jahren neue Holzbildungen, die mehr oder weniger von pathologischen Erscheinungen begleitet wurden. Bei *Sedum album* treten die Holzbildungen bis in die Mutteraxe ein, derartige pathologische Erscheinungen können wohl unterhalb der Absterbestelle des fertilen Sprosses sich zeigen, in dem Mutterspross ist dagegen der rudimentäre Holzkörper fast immer völlig gesund.

Die Hauptmenge der kriechenden Stämme entsteht durch die weiterwachsenden sterilen Stammtheile; auch hier gelangen vom zweiten Jahr ab nicht alle Gefässbündel zur Weiterbildung, einige, meist zwei bleiben zurück, der Stamm nimmt eine unregelmässige Ausbildung an. Einzelne fortbildungsfähige Bündel verschmelzen mit seitlichen ähnlichen Gruppen, und in späteren Stadien erzeugt das Cambium gewöhnlich in seinem ganzen Umfange Gefässelemente.

Das Zurückbleiben einzelner Stränge dürfte die gleiche Ursache wie die ähnlichen Erscheinungen bei *Sedum spurium* haben. Es wird im zweiten Jahr von dem am Boden liegenden Stammstück nur ein bestimmter Theil der axilen Knospen entwickelt. Bei *Sedum spurium* mit den im Allgemeinen gegenständigen Blättern wurden mehr oder weniger die parallel der Erdfläche liegenden Knospen ausgebildet und demgemäss die in jener Ebene liegenden Fibrovasalstränge weiter verstärkt. Hier liegt die Sache nicht so einfach, denn die Blätter erscheinen in weit grösserer Menge und sind spiralig angeordnet; es entwickeln sich von den zahlreichen Knospen nicht nur solche, welche in eine Horizontalebene zu liegen kommen. Dessenungeachtet zeigt sich (man vergl. Fig. 4 u. 5, Taf. VII u. 2 u. 3, Taf. VIII), dass trotz aller unregelmässigen Anordnung in älteren Stammpartieen, besonders in den ersten Jahren doch immerhin zwei grosse gegenständige Gefässgruppen, die fast immer ungleich entwickelt erscheinen, unterschieden werden können, und es dürften dies diejenigen sein, welche in einer Ebene parallel der Erdfläche liegen und von welchen aus die meisten Sprosse ihre Entwicklung finden. In späteren Stadien verwischt sich allerdings das Verhältniss durch die im ganzen Stammumfang eintretenden Gefässbildungen mehr und mehr.

Die Ausbildung der histologischen Elemente des Gefäss- wie Siebtheils des Gefässsystems, endlich der Bau von Mark, Rinde und Epidermis stimmt mit *Sedum spurium* überein.

Eine Art Uebergang zu der zunächst zu betrachtenden Sedum-Species findet sich in dem bereits im Eingang erwähnten Fall der stärkeren Ausbildung einzelner Stammtheile. Hier erfährt

das Gefässsystem insofern eine Verstärkung, als statt fünf Gefässbündel deren sechs im Stamme erscheinen. Alsdann wird in späteren Entwicklungsstadien das anatomische Bild regelmässiger, da von den sechs Fibrovasalsträngen drei zurückbleiben, drei sich weiter entwickeln, und endlich gewöhnlich beide mit einander so abwechseln, dass zwischen ein fortbildungsfähiges Gefässbündel ein zurückgebliebenes zu liegen kommt.

Der Querschnitt eines derartigen zweijährigen sterilen Stammstücks ist in Fig. 4, Tafel VIII gezeichnet; $g_{,}$ kennzeichnet die grösseren, $g_{,,}$ die in ihrer Entwicklung zurückgebliebenen Gefässbündel. Endlich gibt Fig. 5, Tafel VIII den Querschnitt eines älteren und zwar eines solchen Stammstücks, das seitlich auch fertile Sprosse erzeugte und sich demgemäss durch einen rudimentären Holzkreis verstärkt hat. Die Anordnung der Gefässgruppen ist hier dieselbe; jenseits des Holzstückes entwickelte in späteren Stadien das Cambium (bei *a*, Fig. 5, Tafel VIII) Gefässelemente, die hier nicht alle als radiale Fortsetzung der früher angelegten Bündel betrachtet werden können. Auch hier wird eine Gefässbildung im ganzen Umfang des Stammes angestrebt und in späteren Jahren auch erreicht.

Die übrigen anatomischen Einzelheiten finden ihre Erklärung in dem bereits früher Gesagten.

V. Sedum rupestre L.

Die jetzt zu betrachtende Sedum-Species gehört ebenfalls zu den rasenbildenden Arten, deren oberirdisch kriechende Stammtheile, soweit sie steriler Natur sind, ausdauern, deren blüthentragende Zweige dagegen, sobald sie ihre physiologischen Functionen erfüllt haben, absterben. *Sedum rupestre* ist im Allgemeinen stärker wie *Sedum album*. Hinsichtlich der Blattbildung steht diese Species der zuletzt besprochenen Sedum-Art insofern nahe, als auch hier die spiralig am Stamm vertheilten Blattorgane eine cylindrisch-nadelförmige Gestalt aufweisen.

An dem Vegetationspunkt des Stammes werden die Blätter in grosser Anzahl angelegt, und gemäss der zahlreichen Entstehung jener Gebilde finden sich auch in dem jungen Spross rasch und in grösserer Zahl die procambialen Stränge ein. Diese letzteren, gewöhnlich acht an der Zahl, sind in eine Ringzone gestellt, sie entwickeln sich zwar successiv, aber so rasch hintereinander, dass sie auf Querschnitten an der Vegetationskuppe nahezu gleichzeitig, wenn auch, ihrer Succession entsprechend, in verschiedenem Grade ihrer Ausbildung wahrnehmbar werden. In Folge der grösseren Anzahl der Bündel erscheinen diese näher aneinandergerückt, es greifen ferner die Theilungen der isolirten Procambium-Stränge rasch interfascicular über, so dass eine cambiale Ringzone, in der die eigentlichen Bündel vorherrschen und deutlich erkennbar sind, schon in sehr frühen Entwicklungsstadien sichtbar wird. Noch fehlende Blattspurstränge können nachträglich in dieser Zone auftreten. Die Intensität der Theilungen der erwähnten interfascicularen Zellpartieen ist eine geringere, als diejenige der Bündel selbst, die Zellen beider besitzen, abgesehen von den etwas abweichenden Grössenverhältnissen, dieselbe Zellstructur.

Die jungen Procambiumstränge bilden sich zum definitiven, in einen Gefäss- und Siebtheil zerfallenden Gefässbündel um. Verstärkt werden die Bündel in dem sterilen Stamm durch ein nur wenige Theilungen zeigendes fasciculares Cambium, dessen Thätigkeit bald erlischt, nachdem es bewirkt hat, dass die interfascicularen Partieen gedehnt und in Folge des Mangels eines eigenen Cambiums grosszelliger werden.

Diese Verhältnisse sind somit ähnlicher Natur, wie bei *Sedum spurium*. Auffallend ist die frühzeitige Bildung einer procambialen Ringzone. Während bei *Sedum spurium* nur vier Procambialstränge vorhanden waren, die erst später zu dieser Zone zusammenflossen, tritt hier weit rascher die doppelte Anzahl derartiger Bündel auf, welche so rasch seitlich zusammenschliessen, dass man an

am Vegetationspunkt tiefer gegangenen Schnitten versucht wäre, jene procambiale Zone für das primäre, die in ihr leicht erkennbaren eigentlichen Procambiumstränge für das secundäre Gebilde zu halten, um so mehr als sich nachträglich gewöhnlich noch in ihr die Anlage noch fehlender Blattspurstränge vollzieht. In Wirklichkeit ist das nun nicht der Fall, die Verhältnisse entsprechen denjenigen von *Sedum spurium*.

Fig. 1, Tafel IX gibt die Abbildung eines Querschnittes durch den einjährigen sterilen Stamm unserer Sedum-Species. Innerhalb des Grundgewebes finden wir, in eine Ringzone gestellt, acht Gefässbündel vor, welche der mechanischen Zellformen völlig entbehren.

Bei stärkerer Vergrösserung sind einzelne Stränge des Gefässsystems in Fig. 2, Taf. IX gezeichnet. Diese Figur lässt zunächst die stärker verdickten Rinden wie Markzellen bei *R* und *M* deutlich hervortreten. Sie schliessen die ringförmige Gefässzone ein, und letztere ist in unserer Zeichnung durch zwei Gefässbündel, sowie die beide verbindende interfasciculare Partie vertreten. Die Bündel selbst bestehen aus den Gefässzellen bei *Hg* und den über ihnen liegenden Elementen des Siebtheils *(B)*. Eine fasciculare Cambiumzone findet sich, da hier der betreffende sterile Stamm sich am Ende seiner ersten Vegetationsperiode befand, nicht vor, sie tritt erst im nächsten Jahre an normaler Stelle auf. Die interfascicularen Zellen endlich zeigen deutlich die oben geschilderte Zellform.

Alles das gilt für die sterilen Stämme des ersten Jahres. Deren weitere Verdickung im Verlauf fernerer Vegetationsperioden ist in Fig. 5, Taf. IX geschildert. Die erwähnte Zeichnung stellt einen Theil eines Querschnittes durch einen sterilen Spross dar, welcher eben in das dritte Vegetationsjahr eingetreten ist. Aus ihr ergibt sich die Art der Verdickung während der zweiten Vegetationsperiode. Ein an normaler Stelle auftretendes fasciculares wie interfasciculares Cambium hat alternirend je eines der vorhandenen Gefässbündel weiter gebildet, das andere eingehen lassen, so dass hier ein ziemlich regelmässiges anatomisches Gesammtbild von radial weiter fortgeschrittenen und zwischen diesen liegenden zurückgebliebenen Gefässgruppen entstanden ist; $g_{,}$ bezeichnet hierbei die erstgenannten, $g_{,,}$ die letzterwähnten Gefässstränge.

Die Cambialzone des dritten Jahres setzt die bereits angedeutete Verdickungsweise des Stammes fort, es kommt indessen, trotz des regelmässigeren Baues der sterilen Stammpartieen gegenüber denjenigen bereits betrachteter Sedum-Arten, vor, dass ähnlich, wie bei diesen, in späteren Jahren einzelne Bündel seitlich zusammentreten, so dass bevorzugte, meist opponirte Gruppen von Gefässelementen gebildet werden.

Ferner lässt sich nicht immer behaupten, dass stets alternirend ein Bündel fortgebildet wird, das andere zurückbleibt. Es können sich auch zwei seitlich aneinanderstossende Gruppen weiter entwickeln (man vergl. Fig. 3, Taf. XI) und dann zwei andere zurückbleiben. In beiden Fällen wird ein mehr unregelmässiges, anatomisches Gesammtbild zu Stande gebracht, dessen Ursache in dem bereits in anderen Kapiteln geschilderten Verhalten der sterilen, kriechenden Sprosse in Bezug auf ihre Seitentriebe zu suchen sein würde.

Während so die sterilen Stämme ihrer Anlage nach der Verstärkung durch einen Holzkörper

entbehren, wird ein solcher bei den blüthetragenden Sprossen bereits im ersten Jahre angelegt. Nachdem in derartigen Stammtheilen sich die procambialen Stränge in die Elemente des Gefäss- wie Siebtheils umgewandelt haben, erscheint — man vergl. Fig. 3, Taf. IX — an normaler Stelle ein fasciculares wie interfasciculares Cambium *(C)*, das rasch, vorzugsweise durch tangentiale Theilungen, einen Holzring von ziemlicher Stärke erzeugt. Der letztere besteht lediglich aus Holzzellen (Fig. 4, Taf. IX *Hzr*); innerhalb desselben befinden sich die primären, vorzugsweise aus Tracheïden bestehenden Gefässelemente *(Hg)*, um welche mehr parenchymatische, zartwandige, etwas langgestreckte Zellformen gelagert sind *(Hp)*. Endlich schliesst das stärker verdickte Markgewebe *(M)* hier an.

Oberhalb der Holzzone ist mit Ablauf der Vegetationsperiode das Cambium verschwunden. Es liegen hier die Elemente des Weichbastes (*B*, Fig. 4, Taf. IX) und über ihnen die stärker verdickten Zellen des Rindengewebes.

Eine absolute Trennung fertiler wie steriler Sprosse in anatomischer Richtung, etwa wie das bei *Sedum spurium* der Fall war, ist nicht wohl möglich. In Einzelfällen können auch hier sterile Gebilde — und es sind das solche, welche sich vorzugsweise kräftig entwickeln — mit einem Holzkörper der gedachten Art versehen werden.

Ein wesentlich unterscheidendes Merkmal der Stammverdickung von *Sedum rupestre* gegenüber den Arten *spurium* und *album* liegt nun darin, dass erstgenannte Species, von ihren fertilen Sprossen aus, den Holzkörper tiefer in den kriechenden Stammapparat eintreten lässt. Bei *Sedum spurium* wurde derselbe schon vor Eintritt des betreffenden Sprosses in die Mutteraxe vollständig aufgelöst, bei *Sedum album* liefen nicht selten Holzstücke in die Mutteraxe hinein, hier endlich ist der Holzring in dem basalen Stammstücke des absterbenden fertilen Zweigs meist noch vollständig erhalten und geht als solcher bis in die Mutteraxe ein, um sich erst hier zu zertheilen.

Bei den seither betrachteten Sedum-Arten blieben nur selten Stammtheile mit vollständig geschlossenem Holzring am Leben; die fertilen Zweige starben nahe, meist unter der Auflösungsstelle desselben, ab, und es waren in den basalen Stammpartieen oder den ihnen angrenzenden Axen nur Holzrudimente vorhanden. Ferner machten sich gewöhnlich hier pathologische Einflüsse geltend, und durch Korkbildungen wurden die ergriffenen Holzpartieen oft mit den von ihnen umschlossenen Geweben von dem lebensfähigen, besonders peripherischen Theil des Stammes abgeschieden. *Sedum rupestre* lässt gewöhnlich den vollständigen Holzkörper des fertilen Zweiges bis in seine Mutteraxe treten, das von der Absterbestelle bis hierher liegende Stammstück enthält somit einen completen Holzring, es verbleibt, wenn auch pathologische Erscheinungen nicht ausgeschlossen sind, hier quantitativ mehr in gesundem Zustand, entwickelt seitliche Glieder und verdickt sich mehrere Jahre hindurch weiter.

Hinsichtlich der Ausbildung der jüngeren Stammtheile zu fertilen oder sterilen Sprossen wäre Folgendes zu bemerken.

Die weiterwachsenden, vom Boden sich aufrecht erhebenden Enden des kriechenden Stammapparates von *Sedum rupestre* können, wenn sie zum Blühen gelangen, ein- oder mehrjährig sein. Das Letztere ist der Fall, wenn eine Hauptaxe, die bis dahin seitliche Glieder fertiler wie steriler

Natur erzeugt hat, ihr Wachsthum einstellt und mit den Seitenaxen zugleich terminal mit einer Blüthe abschliesst. Alsdann ist sie mindestens zweijährig und lässt an ihrer vorjährigen Partie die primären Gefässgruppen sehen, welche mit Eintritt in die Blütheperiode, also im nächsten Jahr, soweit sie überhaupt fortbildungsfähig sind ($g_{,}$ Fig. 5, Taf. IX), durch neue ähnliche Elemente verstärkt werden. Während das Letztere geschieht, legt das weiterwachsende Ende jener Axe sein erstes Gefässsystem an, gemeinsam in beiden, also sowohl in dem bis jetzt noch holzfreien vorjährigen, wie in dem jüngsten Stammtheil, erfolgt die Anlage eines Holzringes.

Nach Erfüllung seiner physiologischen Function stirbt der betreffende Spross bis zum Boden ab, das hier liegende Basalstück vermag in dem nächsten, also im vorliegenden Fall in dem dritten Jahre seitliche, seiner Zeit am Vegetationspunkt angelegte Glieder zu Zweigen beiderlei Art zur Ausbildung zu bringen. In Fig. 6, Taf. IX ist der Querschnitt eines derartigen Basalsprosses gezeichnet, welcher sich jetzt am Ende der dritten Vegetationsperiode befindet und an dem in Folge dessen von einer cambialen Zone nichts mehr wahrzunehmen ist. Radial den fortbildungsfähigen Gefässgruppen ($g_{,}$), ausserhalb dem auf diese Art entstandenen Holzring, werden weitere Gefässpartieen (Fig. 6, Taf. IX bei *d*) angelegt, ihnen seitlich sind parenchymatische Zellformen entstanden. Endlich ist der Siebtheil des Gefässsystems (schraffirte Stellen bei *B*) weiter entwickelt worden.

Während dies im dritten Vegetationsjahr an dem älteren Axenstück geschah, sind an ihm seitlich fertile wie sterile Glieder zur Ausbildung gebracht worden, und letztere geben uns das Material zur Untersuchung des zweiten, also desjenigen Falles ab, bei welchem sich im Gegensatz zu den oben erwähnten mehrjährigen fertilen Sprossen einjährige, blüthentragende Zweige ausbilden.

Hier sind anatomisch gegenüber dem ersten Fall keine wesentlichen Differenzen vorhanden. Ein Holzring hat durchgängig an jenen Theilen seine Anlage gefunden, das einzige unterscheidende Merkmal liegt, gegenüber den Basaltheilen zweijähriger Sprosse, in der geringeren Ausbildung der primären Gefässgruppen. Diese sind gleichmässig entwickelt und stossen alle dem Holzkörper an.

Die letztgenannten, also einjährigen blüthetragenden Stämmchen kommen bei *Sedum rupestre* weitaus in Mehrzahl vor, mehrjährige fertile Axen finden wir hier weit seltener.

Verfolgen wir jetzt die Entwicklung des bereits betrachteten, in Fig. 6, Taf. IX gezeichneten Basalstückes einer mehrjährigen fertilen Axe, welche am Ende ihrer dritten Vegetationsperiode stand und bereits Seitentriebe zur Ausbildung gebracht hat, weiter.

Auf die im dritten Jahre, in radialer Fortsetzung der primären Gefässgruppen, jenseits des Holzkörpers angelegten Gefässe werden zunächst neue ähnliche Elemente gestellt, die nicht selten in ihren Grössenverhältnissen von denen des Vorjahres differiren. Bildet sich einer der ansitzenden sterilen Seitenzweige später zum blühenden Spross aus, verstärkt er somit seine Axe durch einen massiven Holzkörper, so geht letzterer noch in das Mutterorgan, das wir eben betrachtet, ein; wir erhalten ein anatomisches Bild, wie es die Fig. 1, Taf. X ausdrückt.

Aus dieser Zeichnung geht Folgendes hervor.

Innerhalb des ersten Holzkreises $Hzr_{,}$ liegen die zurückgebliebenen Gefässgruppen $g_{,,}$ des ersten und die fortgebildeten $g_{,}$ des zweiten Jahres. Ueber dem ersten Holzkörper folgen in radialer

Fortsetzung der primären Gefässstränge weitere Gefässelemente, von welchen diejenigen bei *a* gegenüber denen bei *b* in ihrer Grösse verschieden erscheinen. Zwischen den Gefässstrahlen wurde parenchymatisches Gewebe, das reichlich Stärke führt, erzeugt. In Folge der Ausbildung seitlicher fertiler Sprosse liegt auf jenen Bildungen ein zweiter vollständig geschlossener Holzring ($Hzr_{,,}$), der an tieferen Theilen der betreffenden Axe sich auflöst und verschwindet.

Unterhalb der zweiten geschlossenen Holzzone finden sich (bei *f*, Fig. 1, Taf. X) häufig noch Gefässbildungen ein, die nicht als radiale Fortsetzung älterer Gefässgruppen aufgefasst werden können, sondern mehr oder weniger auf eine Vereinigung dieser Gruppen, ähnlich derjenigen, welche wir bei analogen Organen anderer Sedum-Species gefunden haben, hinweisen. Bedeutende Dimensionen nehmen indessen derartige Bildungen nicht an.

Die hier betrachtete kurze Axe war, als ihr oberer Theil seiner Zeit in die Blütheperiode trat, bereits zweijährig. Nachdem jener abstarb, wurde dieselbe fortgebildet; an ihr entstanden Seitentriebe, und ein älterer, ebenfalls zweijähriger derartiger Spross veranlasste in ihr die Anlage des zweiten Holzkörpers. Diese Fälle sind, wie bereits erwähnt wurde, in Minderzahl vorhanden, häufiger bilden sich e i n j ä h r i g e Sprosse fertil aus. Deren Basalstücke verhalten sich alsdann anatomisch ähnlich den zuletzt betrachteten Theilen, nur stossen hier sämmtliche primäre, gleichmässig ausgebildete Gefässgruppen direct an den Holzkörper. Auch die fernere Verdickung, die radiale Fortsetzung ersterer Gefässpartieen erweist sich, wenn wir von der quantitativen Ausbildung jener Theile, die hier eine geringere sein kann, absehen, als übereinstimmend; endlich erfolgt gewöhnlich auch hier, ausgehend von einem Seitenspross, die Anlage eines zweiten Holzkörpers.

In b e i d e n Fällen kann oberhalb des zweiten Holzkörpers eine cambiale Zone auftreten und gemäss dem bisher eingehaltenen Verdickungstypus weitere Elemente des Gefäss- wie Siebtheils erzeugen. Zur Anlage eines dritten Holzrings kommt es dagegen aus folgenden Gründen nicht mehr.

Das betreffende Stammstück ist bereits ziemlich alt, von den ihm seiner Zeit ansitzenden Seitenknospen sind die meisten bereits zu fertilen oder sterilen Trieben ausgebildet, die allenfalls da noch vorhandenen erweisen sich als nicht mehr entwicklungsfähig. Da somit neue derartige Theile ihm nicht mehr entspringen, die ihm direct ansitzenden Theile der Seitenzweige ebenfalls in ein Altersstadium eingetreten sind, in welchem sie sich in dieser Hinsicht ihrer Mutteraxe ähnlich verhalten, so kann, da mechanische Zellformen hier nur zugleich mit solchen der Seitenaxen ihre Anlage finden, an die Entwicklung eines dritten Holzkörpers nicht mehr gedacht werden.

Endlich ist die Stammverdickung selbst aus Gründen des Alters des betreffenden Theils schon eine sehr schwache geworden. Die über dem zweiten Holzkörper befindlichen Gefässgruppen werden seitens des Cambiums zwar noch etwas verstärkt, das Stammstück ist dagegen in ein Entwicklungsstadium getreten, welches dem Absterben sehr nahe steht. Es verharrt noch einige Zeit auf der geschilderten Ausbildungsstufe und geht endlich, da seine Seitentriebe sich hinlänglich bewurzelt haben, um selbständig existiren zu können, zu Grunde.

In den seither geschilderten Fällen handelte es sich um die Basalstücke ein- oder mehrjähriger Axentheile, die mit der Ausbildung ihrer Blüthe ihre Wachsthumsrichtung abschlossen haben und zur

Vergrösserung des kriechenden Stammapparates unserer Sedum-Species, wie wir gesehen haben, verhältnissmässig nur wenig durch ihre basale Sprossbildung beitragen. Die Hauptmasse der am Boden liegenden Stammtheile geht aus den weiterwachsenden sterilen, einer Verstärkung durch Holz im Allgemeinen entbehrenden Sprossen, welche seitlich Bildungen der einen oder andern Art erzeugen, hervor. Eine Verstärkung durch mechanische Zellformen erhalten die sterilen Mutteraxen nur, wenn fertile Seitensprosse ihnen ansitzen, der Holzring der letzteren greift meist noch vollkommen erhalten in sie ein, um hier sich aufzulösen und zu verschwinden.

In den Fig. 1—3, Tafel XI sind nun Querschnitte durch sterile Stammtheile gezeichnet worden, welchen direct fertile Sprosse ansassen. Fig. 1 gibt die Abbildung eines solchen, nahe einer derartigen, bereits älteren Seitenaxe, und es zeigt sich, dass hier innerhalb des noch vollständigen inneren Holzkörpers *(Hzr,)* die ein- und zweijährigen Gefässgruppen liegen *(g,,g,)*, welche jenseits desselben radial weiter gefördert wurden. Endlich befindet sich über ihnen noch ein unvollständiger zweiter Holzring *(Hzr,,)*, der von einer fertilen Axe des anstossenden Stammstückes ausgehend noch bis in jenes Mutterorgan gelangt ist. Hier erfahren die von den Holzrudimenten freigelassenen, sowie die von ihnen umfassten radialen Gefässstrahlen noch weitere Entwicklung in der bereits angedeuteten Art.

Etwas tiefer liegende Partieen der älteren Axe (Fig. 2, Taf. XI) zeigen, insofern seitlich nicht weitere, seiner Zeit fertile Stämme angesessen haben, Neigung zu dem weicheren, holzfreien oder holzarmen Bau. Die Auflösung der beiden Holzkörper hat hier Fortschritte gemacht, von ihnen sind nur noch eine Anzahl Einzelstücke übrig geblieben, das anatomische Gesammtbild lässt indessen noch deutlich die beiden ursprünglichen Holzkreise unterscheiden.

Nicht mehr möglich ist das Letztere an noch tieferen Partieen. In dem in Fig. 3, Taf. XI gezeichneten Querschnitt blieb von den beiden Holzkörpern nur noch das sichelförmige Stück *Hzr,* übrig und auch dieses schwindet, wenn man den Stamm weiter untersucht, bald; letzterer nähert sich dem holzfreien, in Fig. 5, Taf. IX geschilderten Bau.

Bemerkenswerth erscheint noch, dass die in Fig. 2, Taf. XI ausgedrückte Auflösung der jeweiligen Holzkörper in mehrere Stücke die verhältnissmässig seltenere ist. Meist zerfallen beide vor ihrem völligen Verschwinden in sichelförmige Einzelstücke, welche gegenüber den strahlenförmig angeordneten Gefässgruppen auf's Verschiedenste orientirt sein können. Endlich bestehen noch Verschiedenheiten hinsichtlich des Schwindens der beiden Holzkreise. Bald ist es der innere, der zuerst eingeht, bald der äussere. Nur selten erfolgt dasselbe mehr gleichzeitig.

In Folge des tieferen Eingreifens der Holzzonen der fertilen Stämme in die Mutteraxen ist die Gesammtmasse des kriechenden Rhizoms von *Sedum rupestre* in weitaus stärkerem Masse mit Holzelementen versehen, als etwa dasjenige von *Sedum spurium* oder *album*.

Aeltere Zustände, wie sie in Fig. 5, Taf. IX gezeichnet sind, kommen verhältnissmässig selten und nur dann vor, wenn an diesen Theilen längere Zeit nur sterile Seitenaxen ihre Ausbildung gefunden haben. Zumeist treffen wir hier Zustände, wie sie die Figuren 1—3, Taf. XI ausdrücken.

Aus den grossen Festigkeitsverhältnissen der eben erwähnten Stammtheile dürfte sich bis zu

gewissem Grad die grössere Regelmässigkeit in der Weiterentwicklung des Stammes, insofern sie sich auf die regelmässige radiale Weiterbildung der Gefässgruppen bezieht, erklären lassen. Die kriechenden Stämme der seither betrachteten Sedum-Arten entbehrten zum grossen Theil der für die Festigkeitsverhältnisse jener Organe wichtigen Holzelemente. In Folge davon stellten sie ihre Seitentriebe in eine hierfür günstige Lage, nämlich mehr oder weniger in eine Ebene parallel der Erdfläche. Das auf dieser liegende Stammorgan lässt vorzugsweise da die axillären Knospen zur Entwicklung kommen. Damit werden auch die in jener Ebene befindlichen Blattspurstränge im zweiten Jahr, also demjenigen der Entwicklung der Knospen, ausschliesslich weiter verstärkt und fortgebildet, der anatomische Bau gestaltet sich mehr oder weniger unregelmässig. Bei *Sedum rupestre* nun ergibt sich, wenn auch noch eine Hinneigung zu der Stammverdickung steriler Theile zu sehen ist, eine weitaus grössere Regelmässigkeit in der Weiterentwicklung und Anordnung der radialen Gefässgruppen. Es werden an dem kriechenden Stamm die Seitensprosse weniger gegenständig, als vielmehr spiralig entwickelt, und hierin dürfte die Ursache der bedeutenderen Verstärkung des Gesammtrhizoms durch mechanische Zellformen zu suchen sein.

Die Entwicklung des Markes und der Rinde entspricht bei *Sedum rupestre* derjenigen von *Sedum spurium* und *album*. Erwähnenswerth wäre hier noch die Entstehung der äusseren Korklage.

Sobald die jungen Stammtheile eine gewisse Entwicklung erlangt haben, etwa gegen das Ende der ersten Vegetationsperiode, treten Korkbildungen auf, welche vorzugsweise die Epidermis treffen. Selbst an älteren Stämmchen ist das noch leicht zu verfolgen, denn die Korkbildung vollzieht sich nicht sofort im ganzen Umfang des Stammes, sondern es werden schalenförmige Stücke zuerst in Kork umgebildet, so dass man an einem und demselben Querschnitt sowohl die vollkommen normale Epidermis, als auch die erste Korktheilung derselben, endlich eine schon ausgebildete Korklage vorfinden kann.

Fig. 7, Taf. IX stellt im Querschnitt ein Stück der Epidermis von *Sedum rupestre* dar. Bei *E* liegt eine Epidermiszelle, die noch der Korktheilung entbehrt, bei *a* treten schon einleitende, hier radiale Theilungen auf, denen seitlich die typischen, tangentialen Wände folgen, so dass bei *K* schon eine ziemliche Korklage erzeugt worden ist. Im Allgemeinen strecken sich die Epidermiszellen vor Eintritt der Korktheilung radial, es werden dann tangentiale Wände angelegt, und die der Rinde anstossende, hierbei entstandene Tochterzelle theilt sich dann der Art weiter, dass nach aussen eine permanente Korkhülle entsteht, die nach innen liegende Tochterzelle dagegen zur Mutterzelle für die weitere Korkbildung wird. Bald nach der Anlage der zarten Querwände werden diese auch schon von dem Verkorkungsprocess ergriffen. Die so entstandenen Korkreihen besitzen Zellen von rechteckiger bis quadratischer Gestalt, deren tangentiale Wände meist eine leichte Biegung zeigen.

Eine stärkere, ebenfalls aus der Epidermis entstandene Korkschicht wurde in Fig. 8, Taf. IX gezeichnet. Hier hat dieselbe die für das erste Vegetationsjahr normale Stärke erlangt. Im zweiten Jahre erleidet die noch von der Epidermis herrührende, stärker verdickte Aussenwand der Korklage häufig Verletzungen, sie wird nach innen gedrückt. Ferner entstehen alsdann Verstärkungen des

Korkes, die entweder von dem Korkcambium, das die erste Lage erzeugte, ausgehen oder ihren Ursprung in den der Korklage angrenzenden Rindenzellen haben können.

Hinsichtlich der Wurzelorgane kann auf das in den vorigen Kapiteln Gesagte verwiesen werden. Auch hier entstehen vorzugsweise an jüngeren Theilen des kriechenden oberirdischen Stammes die zarten, fadenförmigen, nur ein Jahr anhaltenden Saugwurzeln, an älteren dagegen sich verdickende Dauerwurzeln. Der anatomische Bau zeigt keine wesentlichen Abweichungen.

Das Hauptsächlichste des in diesem Kapitel über die Entwicklung von *Sedum rupestre* Gegebenen dürfte sich folgendermassen zusammenfassen lassen.

Die erste Anlage der procambialen Stränge des Vegetationspunktes des Stammes vollzieht sich bei den dort in grösserer Menge sowie in spiraliger Anordnung entstehenden Blattorganen sehr rasch. Wir finden eine bedeutendere Zahl jener Stränge — gewöhnlich acht — vor, diese stehen seitlich nahe aneinander, und schon an Schnitten nahe der Vegetationskuppe sind sie, durch interfasciculare Ueberbrückung, zu einer procambialen Ringzone, in der indessen die eigentlichen Procambiumsbündel deutlich als solche sichtbar sind, verschmolzen. Die Umbildung dieser Theile in die definitiven Gefässbündel geht auf normale Art vor sich; die weitere Verstärkung der primären Gefässelemente erfolgt durch ein fasciculares, in späteren Vegetationsperioden interfasciculares Cambium. Die Art der weiteren Ausbildung endlich ist abhängig von dem physiologischen Zweck der betreffenden Stammorgane.

Den die ursprüngliche Wachsthumsrichtung jährlich beibehaltenden, vorzugsweise basale Seitenknospen entwickelnden, sterilen Sprossen fehlt im Allgemeinen die Verstärkung durch einen Holzkörper. Hier erzeugt das Cambium in radialer Fortsetzung an denjenigen Gefässgruppen, die sich weiter bilden sollen, neue Elemente des Gefässtheils. Es liegen in solchen Stämmen strahlenförmig nach der Peripherie des Stammes gehende, sich in dieser Richtung tangential erweiternde Gefässgruppen, die von einander durch parenchymatische Formen getrennt sind. (Man vergl. Fig. 5, Taf. IX, Fig. 1—3, Taf. XI). Gewöhnlich findet sich zwischen je zwei fortbildungsfähigen Gefässbündeln ein in seiner Entwicklung zurückgebliebenes. Seltener bilden sich aneinanderstossende Gefässstränge weiter, wie überhaupt ein in dieser Beziehung unregelmässiges anatomisches Gesammtbild — etwa wie dies in analogen Organen der bereits besprochenen Sedum-Species vorzukommen pflegt — möglichst vermieden ist.

In den jungen, sterilen Stammpartieen tritt somit eine Verstärkung des betreffenden Organs durch Holz nicht hervor. Erst in späteren Stadien erfolgt an denjenigen Stellen der kriechenden sterilen Stämme die Anlage solcher Elemente, welchen seitlich fertile Zweige ansitzen. Es ist ein besonderes Merkmal von *Sedum rupestre* gegenüber den seither betrachteten Sedum-Species, dass die mit einem Holzkörper versehenen fertilen Sprosse diesen nicht sofort an ihrer Absterbestelle auflösen und verschwinden lassen. Es bleibt gerade in deren basalen am Boden liegenden Reststücken der Holzring noch möglichst vollständig erhalten, er kann in dieser Art noch in die Hauptaxe treten, jedenfalls finden sich noch ziemlich bedeutende Theile von ihm in jener vor. Da nun die kriechenden Stammtheile reichlich derartige blüthentragende Seitenaxen erzeugen, so erscheint nur derjenige Theil derselben vollständig holzfrei, welcher längere Zeit seitlich nur sterile Seitenaxen aus-

gebildet hat. Alle diejenigen Partieen dagegen, welche fertile Bildungen entstehen lassen, besitzen auch in ihrem Inneren für gewisse Strecken eine Verstärkung durch mehr oder minder starke Holzzonen; es entstehen anatomische Bilder, wie sie die Fig. 1—3, Taf. XI ausdrücken.

In den letztgenannten Stämmen kommen aber nicht allein die mehr oder weniger vollkommenen Theile eines einzelnen Holzkörpers vor, es zeigen sich auch in ihnen ähnliche mehr oder minder vollkommene Stücke eines zweiten Holzringes, der von dem ersten durch die radial fortgesetzten Gefässgruppen einestheils, anderntheils durch die zwischen ihnen liegenden parenchymatischen Zelllagen, getrennt ist. Die Erklärung dieser Erscheinung liegt ebenfalls in der bedeutenderen Verstärkung fertiler Stammtheile durch Holzbildungen.

Der blüthetragende Stamm stirbt nach Erfüllung seiner physiologischen Function gewöhnlich bis zu der Stelle ab, an der er sich vom Boden erhebt, es bleibt somit ein Stammstück übrig, in welchem noch ein vollständig entwickelter Holzring liegt. An dieser Partie entstehen seitlich fertile wie sterile Stämme und die Holzbekleidung der ersteren tritt noch in das kurze Stammstück ein. In ihm findet sich in Folge dessen die erwähnte zweite vollkommene Holzzone (*Hzr*,, Fig. I, Taf. X) vor; letztere Zeichnung giebt das anatomische Gesammtbild älterer basaler Sprosse, die seiner Zeit fertil nunmehr ähnliche, seitliche Gebilde beider Art zur Ausbildung brachten. In strahlenförmig nach der Peripherie des Stammes gehende, seitlich von einander durch Parenchym getrennte Gefässgruppen sind zwei vollkommen erhaltene Holzringe eingebettet. Zur Anlage eines dritten derartigen Ringes kommt es nicht mehr, weil die Seitenaxen jenes Stammrudimentes jetzt älter sind und Seitentriebe, die, insofern sie fertiler Natur wären, hier die Anlage eines dritten Holzkörpers in mehr oder minder vollständiger Form veranlassen könnten, an dem alten Stammstück, wie dessen direct anstossenden Seitenaxen nicht mehr zur Ausbildung gebracht werden. Dasselbe vermittelt nunmehr die Verbindung der jüngeren mit den ältesten Stammpartieen; später geht es ganz zu Grunde.

Bei den oberirdisch kriechenden Stämmen haben wir somit junge fertile Sprosse mit completem Holzring; deren basale zurückbleibende Stücke, die sich im Verlauf der Zeit mit zwei vollständigen Holzringen versehen können; die Mutteraxen der letzteren, in welchen die Rudimente der beiden Holzlagen sich befinden; endlich ältere ansitzende Stammtheile, die der Holzzellen völlig entbehren. Letztere nehmen ihren Ursprung vorzugsweise aus den sterilen Stämmen, die weiterwachsend so lange keine mechanischen Zellformen bilden, als an ihnen seitlich keine blüthetragenden Sprossen ihre Entwicklung finden.

In grosser Mehrzahl finden sich kriechende Stämme mit theilweise entwickeltem Holzkörper vor; vollständig des Holzes entbehrende Partieen sind in den ersten Entwicklungsstadien der Pflanze, in welchen diese bekanntlich noch nicht blüht, endlich an denjenigen wenigen Stellen vorhanden, an welchen zufälligerweise längere Zeit keine blüthentragenden Sprosse erzeugt wurden.

Mit der grösseren Festigkeit der Gesammtmasse der kriechenden Stammtheile wurden von ihnen nicht nur gegenständige, sondern auch der spiraligen Anordnung entsprechende andere Knospen zur Entwicklung gebracht und hieraus endlich leitet sich die regelmässige Ausbildung, welche die Gefässgruppen älterer Stämme, wie wir gesehen, erfahren haben, ab. Die Entwicklung von Mark und

Rinde geht auf normale Art vor sich, die äussere Korklage der Stammorgane nimmt ihren Ursprung aus der Epidermis.

Reservestoffe finden sich reichlich in älteren Stämmen, wie in den sich verdickenden Wurzeln vor. Der anatomische Befund der letzteren Organe bietet gegenüber den bereits besprochenen Arten keine wesentlich neuen Merkmale.

Aehnlich *Sedum rupestre* verhält sich *Sedum anopetalum DC.*; überhaupt scheinen, soweit ich dies zu untersuchen Gelegenheit hatte, sich die meisten rasenbildenden Sedum-Arten dem einen oder anderen hier geschilderten Entwicklungstypus mehr oder minder genau anzuschliessen. Es würde zu weit führen, zur Constatirung vielleicht geringer anatomischer wie entwicklungsgeschichtlicher Abweichungen noch eine Anzahl hiehergehöriger Arten genau zu besprechen, an der Hand der hier an *Sedum spurium*, *album* und *rupestre* erlangten Untersuchungsresultate dürfte eine Orientirung auch für andere rasenbildende Sedum-Species nicht schwer fallen.

Ehe ich mich nun zu den abweichenden Formen der Gruppe *Telephium* und *Aïzoon* wende, möchte ich noch etwas genauer auf Bau und Entwicklung einer holzigen Species — *Sedum populifolium* — eingehen, welch letztere, obwohl morphologisch wie anatomisch abweichend, sich doch am besten den rasenbildenden Arten anschliessen lässt.

VI. Sedum populifolium L.

Es ist bereits erwähnt worden, dass gegenüber den rasenbildenden Arten *Sedum populifolium* morphologisch nicht unwesentlich abweicht. Dessen oberirdische Stammtheile besitzen einen festeren, holzigeren Bau, unsere Species verliert mit ihm den den rasenbildenden Sedum-Arten typischen kriechenden Habitus; die oberirdischen Organe liegen weniger dem Boden an, sondern besitzen genügende Festigkeit aufrecht zu stehen und äusseren Einflüssen den nöthigen Widerstand entgegenzusetzen.

Der Unterschied zwischen sterilen und fertilen Zweigen schwindet hier mehr und mehr, es bleiben so ziemlich beide erhalten, nur ein kleiner Theil der unter der Inflorescenz liegenden Stammaxe stirbt nach vollzogener Blüthe und Fruchtbildung ab.

Hinsichtlich der Blattbildung schliesst sich *Sedum populifolium* der Gruppe *Aïzoon* und *Telephium* an. Hier wie da finden wir ein flaches Blatt vor.

Treten wir jetzt der Entwicklung des oberirdischen Stammes unserer Sedum-Species etwas näher.

In den ersten Stadien zeigen sich hier gegenüber anderen bereits besprochenen Sedum-Arten keine wesentlichen anatomischen Verschiedenheiten. Der junge Stamm lässt 5—6 procambiale Stränge und in diesen das zunächst der holzigen Elemente entbehrende Gefässbündel entstehen; alsdann erfolgt ausnahmslos in allen Zweigen die Anlage eines vollständigen Holzringes. Fig. 1, Taf. XII gibt die Abbildung des Theils eines Querschnittes durch einen einjährigen Spross von *Sedum populifolium*, der eben in das zweite Vegetationsjahr eintritt. Im ersten Jahre wurden in ihm die Gefässgruppen bei *g* und über denselben der Holzring *Hzr*, sowie die Elemente des Siebtheils bei *B* angelegt, und es ist hierbei zu erwähnen, dass, abweichend von den seither betrachteten Sedum-Arten, der Holzkörper, meist in der radialen Fortsetzung der primären Gefässgruppen, auch Gefässe und zartwandige parenchymatische Elemente (*g*, Taf. XII, Fig. 1) enthält.

Ueber einer verhältnissmässig schwachen Rindenschicht (*R*) liegt die im ersten Jahre gewöhnlich noch von Korkbildungen freie Epidermis.

Eine weitere cambiale Thätigkeit (*Cb*, Fig. 1, Taf. XII) tritt mit Beginn des zweiten Vegetationsjahres auf. Das Cambium selbst erscheint an normaler Stelle, aus ihm gehen zunächst, und zwar in radialer Fortsetzung der primären Gefässgruppen, diesen ähnliche Elemente ($g_{,,}$ Fig. 2, Taf. XII) hervor, und auf sie folgt alsdann eine Holzlage ($Hzr_{,,}$ Fig. 3, Taf. XII), welche gegenüber der ersten,

im Vorjahr gebildeten (*Hzr*, Fig. 1 u. 2) gewöhnlich etwas schwächer erscheint. Das anatomische Gesammtbild des Sprosses am Ende des zweiten Vegetationsjahres gestaltet sich somit folgendermassen. Ueber den kreisförmig angeordneten primären Gefässgruppen liegt ein vollständig ausgebildeter Holzring, diesem folgt dann ein ähnlich gebauter des zweiten Jahres, getrennt vom ersteren durch verhältnissmässig wenige parenchymatische und Gefässelemente, letztere in radialer Fortsetzung der erstentstandenen Gefässe angelegt.

Rinde wie Epidermis, und mit letzterer die jetzt hier auftretenden Korkbildungen (*k* Fig. 2 und 3, Taf. XII) schliessen das Ganze ab.

Die peripherischen, mehr normalen Korkbildungen stehen nun nicht vereinzelt da. In auffälligerer Form finden wir auch Korkbildungen in den centralen Theilen des Stammes selbst. Diese treten peripherisch an den einzelnen Holzringen auf und isoliren sie vollständig von jüngerem Gewebe.

Wenn der zweijährige Spross (Fig. 2, Taf. XII) seine Gefässelemente des zweiten Jahres (g_2) angelegt hat und sich zur Anlage des zweiten Holzringes ($Hzr_{,,}$) anschickt, bemerkt man gewöhnlich, dass direct über den Holzzellen des erstentstandenen Holzkörpers Theilungen auftreten, die mit der Bildung einer Korkzone (*k*, Fig. 2, Taf. XII) endigen. Diese umgibt den betreffenden Holzring vollständig und veranlasst sowohl dessen Absterben, wie das der von ihm umschlossenen Gewebe, also derjenigen des Markes wie der primären Gefässgruppen. Wir sehen, dass in Stadien, wie sie Fig. 2, Taf. XII ausdrückt, an diesen Partieen (*M*) bereits deutliche Spuren der Zerstörung wahrzunehmen sind.

In Fig. 3, Taf. XII finden wir einen Zweig am Beginn der dritten Vegetationsperiode. Die Verhältnisse, soweit sie die centralen Gewebelagen betreffen, sind dieselben. Der Holzring *Hzr*, sammt den von ihm umschlossenen Geweben ist durch die Korkzone *k*, ausgeschaltet und durch die zweite Holzlage, die seitens des Cambiums im zweiten Vegetationsjahr gebildet wurde, ersetzt. Die cambiale Zone (*Cb*) hat ähnlich wie im Vorjahr bereits mit der Bildung von Gefässelementen begonnen, und es wiederholt sich jetzt ganz dasselbe Spiel von neuem. Während ein dritter Holzring ($Hzr_{,,,}$ Fig. 4, Taf. XII) construirt wird, schnürt eine neue Korklage über dem Holzkörper des zweiten Jahres (k_2, Fig. 4, Taf. XII) den letzteren von dem peripherischen gesunden Gewebe ab, und mit ihm gehen die von ihm umschlossenen Gefäss- wie parenchymatischen Elemente des Vorjahres (g_2, Fig. 3, Taf. XII) zu Grunde.

Vierjährige Zweige (Fig. 4, Taf. XII) verhalten sich ähnlich. Auch hier tritt, nachdem ein neuer Holzkörper erzeugt ist — in genannter Zeichnung wurde derselbe (Hzr_{IV}) eben angelegt —, die erwähnte Korkbildung (k_3) auf.

Wir finden somit in dem Stamme von *Sedum populifolium* eine grössere Anzahl Holzlagen, die, soweit sie älteren Jahrgängen ihr Entstehen verdanken, physiologisch unwirksam sind, da sie durch Kork von dem lebenden, peripherischen Gewebe abgetrennt wurden. In solchem Falle functionirt immer nur die letztentstandene Holzzone.

Es ist nun in dem eben gegebenen Entwicklungsgange stets die jährliche Entstehung eines Holzringes angenommen worden und mit ihr würde aus der Anzahl der Holzlagen direct auf das

Alter des betreffenden Stammtheiles geschlossen werden können. Die Untersuchung einer grösseren Anzahl Sprosse, der Pflanze im Frühjahr wie im Herbste entnommen, lehrt nun, dass ein derartiger Schluss nicht unbedingt zulässig ist. Besonders bei älteren Zweigen kommt es vor, dass das Cambium sich in einem Jahr mit der Anlage von Gefässelementen begnügt und erst in der nächsten Vegetationsperiode den dazu gehörigen Holzring erzeugt. In einem solchen Falle fungirt alsdann die Holzzone des Vorjahres noch ein Jahr weiter, sie wird erst durch Korkabschnürung ausser Thätigkeit gesetzt, wenn ein neuer Holzkörper sein Entstehen gefunden hat. Jene geänderten Verhältnisse resultiren aus einer Abnahme der cambialen Thätigkeit; es wird in späteren Jahren die frühere jährliche Leistung des Cambiums auf zwei Jahre vertheilt.

Etwas Aehnliches lässt sich in Bezug auf die Stärke sowie die Art der Ausbildung der einzelnen Holzlagen sagen. Dass der Holzring des zweiten Jahres gewöhnlich schwächer ist als derjenige des ersten, wurde bereits erwähnt. Die Holzlage des dritten Vegetationsjahres wird nun meist unvollständig. Das Cambium bildet hier gewöhnlich nicht im ganzen Umfange des Stammes Holzzellen, es zeigt sich häufig nur eine mehr oder minder vollständige Holzsichel an betreffender Stelle angelegt. Diese findet alsdann im nächsten Jahr bis zu gewissem Grade Ergänzung an der entgegengesetzten Seite. Zu erwähnen wäre dabei noch, dass der Modus der centralen Korkabschnürung sich bei einer derartigen, unvollkommenen Holzbildung etwas ändert.

In Fig. 5, Taf. XII ist der Querschnitt eines etwa sechsjährigen Stämmchens von *Sedum populifolium* abgebildet, das sich ganz besonders durch solche unvollständige Holzbildung auszeichnet. Zunächst dem abgestorbenen Markgewebe finden wir den completen erstjährigen Holzring ($Hzr_{,}$). Die Holzlage des zweiten Jahres ($Hzr_{,,}$) zeigt sich bereits als unvollständig, sie erscheint unterbrochen. Im dritten Jahr wurden zwei Holzschichten ($Hzr_{,,,}$) eine grössere und eine kleinere angelegt, in der vierten Vegetationsperiode scheint nur in der Hälfte des Stammumfanges Holz (Hzr_{IV}) gebildet worden zu sein. Ergänzend zu dieser auf der linken Seite der Zeichnung gelegenen Holzsichel tritt im nächsten Jahre ein ähnliches grösseres Holzstück an der entgegengesetzten Seite des Stammes auf (Hzr_{V}), und in den ferneren Vegetationsperioden würde sich Aehnliches wiederholen.

Das Alter des Zweiges wurde auf etwa 6 Jahre geschätzt. Nach dem oben gesagten liegt es auf der Hand, dass hier eine vollständig genaue Altersangabe nicht möglich ist, da ja, besonders bei älteren Stämmchen, nicht mit jedem Jahre eine Holzzone angelegt zu werden braucht.

Durch die Anlage unvollständiger Holzzonen wird, wie bereits oben angedeutet worden ist, die centrale Korkbildung etwas modificirt. Bei completen Holzringen vollzog eine peripherische Korkschicht die Abschnürung, die älteren Holzsegmente zeigen dagegen oft eine centrale wie peripherische Korklamelle, diese Theile sind alsdann, sobald sie einmal isolirt werden sollen, vollständig von Kork umgeben. Ferner greift die Korklage der einen Holzsichel häufig durch das Grundgewebe zu dem Holze des Vorjahres durch und vollzieht so die Abschnürung auch des nach innen liegenden Grundgewebes, sowie seiner Gefässelemente. Hierbei können Theile der letztgenannten Gewebeformen noch eine Vegetationsperiode länger erhalten bleiben, als das sonst der Fall sein würde. (Man vergl. die unter dem letztentstandenen Holzkörper der Figur 5, Taf. XII liegenden Gefässe.)

Gegenüber der in der letztgenannten Figur immerhin vorhandenen Regelmässigkeit der Anordnung der Holzzone kann, in Ausnahmefällen, auch eine mehr einseitige Auflagerung der mechanischen Elemente stattfinden. Betrachtet man solche abnorm gebaute Stämme etwas näher, so zeigt sich, dass gewöhnlich die zwei ersten Holzringe vollständig angelegt worden sind oder höchstens in ihrer Stärke etwas verschieden erscheinen. In den nächsten Jahren wird der anatomische Bau dieser Stammtheile insofern unsymmetrisch, als lediglich auf der einen Seite Holzbildungen auftreten. Ueber den zwei Holzkreisen legen sich alsdann einseitig Holzsegmente von grösserer oder geringerer Ausdehnung, getrennt von einander durch parenchymatisches Gewebe und radial zu den primären Gefässgruppen entstandene ähnliche Elemente, auf. Die letzteren werden alsdann an der von der Holzbildung nicht betroffenen, also entgegengesetzten Seite frei weiter gebildet.

Hinsichtlich der Korkabschnürungen gilt auch hier das für die mehr normal gebauten Stämmchen Gesagte.

Durch die eigenthümliche Anordnung der mechanischen Elemente, deren Anlage auf ganz normale Weise seitens des Cambiums erfolgt, zeigt der Stamm von *S. populifolium* schon bei oberflächlicher Untersuchung auffallendes Zellgefüge. Betrachtet man ältere derartige Theile, so scheinen diese äusserlich eine vollständig feste, holzige Textur zu besitzen. Schneidet man sie dagegen auf, so bemerkt man, dass die centralen Holzmassen mehr oder weniger von Zersetzungs- und Fäulnisserscheinungen betroffen sind. Es lassen sich ferner die einzelnen Holzlagen mit Leichtigkeit von einander abblättern, die zwischen ihnen liegenden, weicheren Gewebepartieen sind grösstentheils zerstört. Central endlich gelangt man bei dem Abheben der festeren Schichten auf die beiden vollständigen Holzringe des ersten Jahres, deren parenchymatische Verbindungen ebenfalls dem Verderben anheimgefallen sind.

Für die Festigkeitsverhältnisse der Stammtheile von *S. populifolium* scheinen die alten Holzpartieen immer noch einen gewissen Werth zu besitzen. Sehr häufig trocknen jene Theile aus, und die Fäulnisserscheinungen, welche sich bereits bemerkbar machten, treten alsdann zurück. In einem solchen Falle können derartige Holzstücke, zumal sie durch die gesunden peripherischen Gewebe zusammengehalten werden, zur Festigkeit des Gesammtorganes noch manches beitragen; physiologisch wirksam, etwa zur Leitung des Wassers in der Pflanze, dürften sie dagegen keineswegs mehr sein. Diese Rolle würde den jährlich neu entstehenden Holzzonen zufallen.

Der über dem letztentstandenen Holzkörper liegende Siebtheil des Gefässbündels unterscheidet sich in nichts Wesentlichem von demjenigen der bereits betrachteten Sedum-Arten. Dasselbe gilt von der Rinde, sowie dem Aussenkork. Letzterer entsteht zunächst aus der Epidermis, erst später werden auch Partieen der unter dieser liegenden Rinde in den Process hineingezogen. Bei älteren Stammtheilen pflegt die deckende Borkenlage ziemlich beträchtlich, die darunter liegende Rinde nur sehr schwach zu sein, so dass man beim Ablösen der ersteren sehr bald auf Cambium und Holzkörper stösst.

Ueber die Dauer des Dickenwachsthums der Stammtheile von *S. populifolium* und die Anzahl der Holzzonen, welche in einem derartigen Organ Anlage finden können, würde Folgendes zu sagen sein. Das Cambium besitzt, wie wir bereits gesehen haben, nicht für längere Dauer die Fähigkeit,

mit jedem Jahr einen Holzkreis oder Theile eines solchen anzulegen. In den 2- bis 3jährigen Stämmchen unserer Species können schon abwechselnd das eine Jahr Gefässe und parenchymatische Elemente, das andere Holzzellen gebildet werden. In noch späteren Vegetationsperioden scheint die cambiale Thätigkeit noch geringer zu sein, denn bei untersuchten alten Zweigen von *S. populifolium* konnte ich höchstens 6—8 mehr oder minder vollständige Holzzonen zählen. Es scheint, ähnlich den bereits betrachteten, rasenbildenden Sedum-Arten, auch hier den oberirdischen Stammtheilen keine allzulange Lebensdauer vergönnt zu sein, es scheinen auch hier, und zwar in einem Zeitraum von etwa 8 Jahren, jene Organe abzusterben und neuen ähnlichen Bildungen Platz zu machen.

Die älteren vieljährigen Stammtheile lassen dann Zerstörungen ihrer Gewebemassen, besonders der basalen, dem Boden anstossenden Partieen sehen. Die früher meist eingetrockneten, centralen, aus dem lebenden Gewebecomplex durch Korkzonen ausgeschalteten Zellmassen faulen, nach und nach wird auch peripherisches Gewebe, von dessen cambialer Thätigkeit wenig mehr zu bemerken ist, ergriffen, der betreffende Zweig geht zu Grunde.

Gegenüber dem so abnorm gebauten Stamm zeigt die Wurzel von *S. populifolium* mehr normale anatomische Verhältnisse. In einem centralen Procambiumstrang finden sich, zerstreut gestellt, ohne bemerkenswerthe radiale Anordnung die Gefässelemente vor. Ein nachträglich eintretendes, centrifugales Dickenwachsthum vermehrt zunächst die genannten Theile des Gefässsystems in ähnlicher Anordnung. Endlich erlangen manche Wurzeln Verstärkung durch mechanische Elemente, und es kommt vor, dass ein meist nicht vollkommener Holzring seitens des Cambiums angelegt wird.

In Fig. 6, Tafel XII wurde der Querschnitt einer jüngeren Wurzel gezeichnet. Der unvollständige Holzring *Hzr* deckt die centralen Gefässe. Ein an normaler Stelle sich vorfindendes Cambium *(Cb)* vollzieht das Dickenwachsthum der Wurzel. Der Siebtheil des Gefässsystems *(B)*, die Rinde *(R)*, endlich der Aussenkork *(K)* verhalten sich ähnlich den entsprechenden Theilen des Stammes.

Mehrere Holzzonen fand ich in keiner Wurzel vor, ferner lassen sich regelmässig auftretende centrale Korkbildungen hier nicht beobachten. Wurzeln, welche direct den älteren Stammpartieen ansitzen, zeigen in ihrem Alter wohl auch Fäulnisserscheinungen, und mit ihnen treten auch Korkabschnürungen der gesunden Gewebe von den von Krankheitserscheinungen ergriffenen ein. Diese Abschnürungen vollziehen sich dagegen nicht etwa nach Analogie des Stammes in regelmässigen Perioden, es scheinen vielmehr hier nur die älteren, dem Absterben nahen Wurzeln noch eine kurze Zeit durch derartige Bildungen erhalten zu werden.

Das Wesentlichste des in diesem Kapitel über die Entwicklung des Stammes und der Wurzeln von *Sedum populifolium* Gesagten liesse sich folgendermassen zusammenfassen.

Diese morphologisch durch die holzige Beschaffenheit ihrer Stammorgane ausgezeichnete Species stimmt in Bezug auf die ersten Entwicklungsstadien jener Theile anatomisch mit den behandelten rasenbildenden Sedum-Arten überein. Zu bemerken wäre hier nur, dass ausnahmslos bei sterilen sowohl, wie fertilen Zweigen ein Holzring seine Anlage findet, dass somit Stammtheile ohne mechanische Elemente, abgesehen von den unter dem Vegetationspunkt gelegenen jüngsten, sich entwickelnden Partieen, nicht vorhanden sind. Eine Verschiedenheit gegenüber dem Stammbau der

rasenbildenden Arten tritt erst mit den ferneren Vegetationsperioden hervor. Hier wird seitens des an normaler Stelle auftretenden Cambiums im zweiten Jahre ziemlich direct über dem ersten Holzkörper ein zweiter, ähnlich gebauter angelegt, der von ersterem durch wenige parenchymatische, sowie radial zu den primären Gefässen angeordnete ähnliche Gefässgruppen getrennt ist. Beide Holzringe bestehen nicht ausschliesslich aus Holzzellen, sondern enthalten auch, wenn auch nur wenige Gefässelemente.

Mit der Anlage eines zweiten Holzkörpers wird gewöhnlich der erstentstandene physiologisch ausser Thätigkeit gesetzt, es entstehen peripherisch an demselben Korkbildungen, die ihn sammt den centralen Geweben abschnüren und absterben lassen. Während die weicheren Elemente hier der Fäulniss anheimfallen, trocknen die festeren Holzzellen häufig aus und sind in Bezug auf das Gesammtorgan bis zu gewissem Grade noch mechanisch wirksam.

In den ferneren Vegetationsperioden wiederholt sich das Spiel. Neue Holzkörper werden gebildet, ältere abgeschnürt, und es würde hier, gegenüber den ersten Jahren, nur zu erwähnen sein, dass die späteren Holzringe unvollständiger sind, dass das Cambium oft nur Segmente derartigen Gewebes anlegt, die sich indessen hinsichtlich der Korkbildungen ähnlich verhalten, wie die erstentstandenen completen Holzringe.

Verschiedenheiten treten hier noch in der einseitigen Auflagerung der späteren Holzsegmente zu Tage, die in solchem Falle ein unsymmetrisches, anatomisches Gesammtbild bedingen können.

Mit dem Alter des betreffenden Pflanzentheils nimmt die Theilungsintensität des Cambiums ab. Es kommt vor, dass das letztere schon im dritten Vegetationsjahr seine frühere Thätigkeit in der Art theilt, dass es in einem Jahr neue Gefässe und parenchymatische Elemente, im anderen Holzzonen entstehen lässt. Die Abschnürung der älteren derartigen Holzkörper durch Korkzonen wird dadurch etwas verlangsamt, es kann das zuletzt entstandene Holzsegment zwei Jahre hindurch functioniren.

Mehr als 6—8 Holzringe, resp. Segmente, konnte ich selbst in den ältesten Stämmen von *Sedum populifolium* nicht vorfinden. Es scheint mit deren Bildung das Dickenwachsthum des Stammes sein Ende erreicht zu haben, der letztere nach und nach dem Untergang anheim zu fallen.

Gegenüber dem so abnorm gebauten Stamm von *Sedum populifolium* verhält sich die Wurzel mehr normal. Das centrale Gefässsystem der letzteren besitzt zerstreut gestellte Gefässe, ein gewöhnlich unvollständiger Holzkörper kann seitens des Cambiums an normaler Stelle angelegt werden. Mehrere derartige Bildungen, etwa nach Analogie des Stammes, fanden sich hier nicht vor. Periodische Korkabschnürungen centraler Gewebe endlich treten in der Wurzel von *Sedum populifolium* nicht auf. Aehnliche Korkzonen sind allerdings in älteren Wurzeln keine Seltenheit, mit ihrem Auftreten scheint aber schon das Absterben des ganzen Organs eingeleitet zu sein.

Gegenüber den bereits besprochenen rasenbildenden Sedum-Arten zeichnet sich *Sedum populifolium* somit vorzugsweise durch seinen so abnorm gebauten Stamm aus. Wir hatten seither günstigsten Falles in derartigen Organen zwei Holzringe vorgefunden, zwischen ihnen lag immer ein sehr bedeutend entwickeltes, mehr parenchymatisches, in radialer Richtung von Gefässstrahlen durchsetztes Gewebe[1]).

[1]) Man vergl. Fig. 1, Taf. X.

Beide Holzringe waren in jüngeren, fertilen Zweigen ansitzenden Stammpartieen vollständig, in älteren derartigen Theilen verschwanden sie mehr und mehr[1]). Centrale Korkbildungen traten endlich nur in denjenigen Stammpartieen auf, die gelegentlich des Absterbens der fertilen Sprosse oder der ältesten Rhizome von Krankheitserscheinungen mit ergriffen wurden.

Bei *Sedum populifolium* gestaltet sich die Sache ganz anders. Die ersten Holzkörper des zweijährigen Stammes (*Hzr*, u. ,,, Fig. 1 u. 2, Taf. XII) ähneln zwar denjenigen der bereits betrachteten Sedum-Arten, sind dagegen weitaus dichter zusammengerückt, als diese. Das zwischen ihnen befindliche parenchymatische Gewebe enthält, ebenso wie hier der Holzkörper selbst, radial angeordnete Gefässgruppen, ist dagegen, wie beispielsweise der Vergleich des Querschnittes von *Sedum populifolium* Taf. XII, Fig. 5 gegenüber *Sedum rupestre* Taf. X., Fig. 1 lehrt, weit schwächer entwickelt. Die Holzringe, in späteren Stadien Holzsegmente, sind dicht aufeinander aufgelegt, die gegenüber andern Sedum-Arten weitaus festere Textur des Stammes erscheint als Folge dieser Gewebeanordnung. Anatomische Differenzen, wie wir sie in den fertilen gegenüber den sterilen Stammtheilen der rasenbildenden Sedum-Arten kennen gelernt haben, fallen hier weg. Es werden durchgängig in allen Zweigen mechanische Zellformen angelegt, die Holzzonen schwinden, wenn wir von jüngeren zu älteren Stammpartieen übergehen nicht, es wird im Gegentheil hier mehr Holz gebildet, als in jenen. — Abweichend gegenüber der dicotylen Stammverdickung verhält sich die Art der Holzauflagerung; es erfolgt keine continuirliche Verstärkung des primären Holzkörpers, das Cambium erzeugt abwechselnd mit schwachen parenchymatischen und Gefässlagen Holzringe, resp. Holzsegmente. In dieser Hinsicht lässt sich eine Annäherung an die von den rasenbildenden Sedum-Species beliebte Stammverdickung nicht verkennen. Wo hier eine Verstärkung des Stammes als nöthig erschien, wurden ebenfalls Holzringe oder sichelförmige Holzstücke in das weichere Gewebe eingeschaltet, niemals dagegen erschienen solche in quantitativ so bedeutender Masse, wie bei *Sedum populifolium*.

Als bemerkenswerth wäre endlich das periodische Auftreten centraler Korkzonen zu bezeichnen. Bei den rasenbildenden Sedum-Arten waren augenscheinlich die von absterbenden Gewebepartieen ausgehenden Erkrankungen bestimmter Gewebeformen die Ursache ähnlicher Erscheinungen. Hier liegt, da nur kurze, direct unter der Inflorescenz befindliche Stammpartieen nach der Blüthen- und Fruchtbildung absterben und die Korkzonen nicht nur unter diesen Partieen, sondern durch den gesammten Stammapparat hindurch regelmässig auftreten, ein derartiger Grund nicht vor. Das Ausschalten älterer Holzmassen, wie der von ihnen umschlossenen Gewebe deutet darauf hin, dass jene Theile dem sich verdickenden Stamme physiologisch wenig zu nützen im Stande sind, und namentlich für die Leitung des Wassers zu den Blattorganen das jeweilig neu angelegte Holzstück genügt, dass die Festigkeitsverhältnisse des Stammes durch das Ausschalten eines Theils der mechanischen Zellformen, die, wenn eingetrocknet, immer noch bis zu gewissem Grade mechanisch wirksam sind, nicht zu wesentlich beeinträchtigt werden.

[1]) Man vergl. Fig. 1, 2, 3, Taf. XI.

VII. Sedum Aïzoon L.

Sämmtliche seither besprochene Sedum-Species gehörten der grössten und typischsten Abtheilung, den rasenbildenden Arten an. Besonders stimmten *Sedum spurium*, *album* und *rupestre* morphologisch mit einander überein, abweichend, doch nicht genügend, um die Aufstellung einer besonderen Gruppe zu rechtfertigen, verhielt sich *Sedum populifolium*.

Sedum Aïzoon zeigt nun, gegenüber allen seither von uns betrachteten Arten, wesentlich andere morphologische Verhältnisse.

Vor allen Dingen ist hier ein unterirdisches Rhizom vorhanden, das sich im Laufe der Zeit sehr stark verdickt, an älteren Theilen mässig starke Dauerwurzeln trägt, an jüngsten die mit jedem Jahr über die Erde zu sendenden Knospen ausbildet.

Sämmtliche oberirdische Theile, die sich, hat die Pflanze einmal die zum Blühen nöthige Stärke erreicht, fast durchgängig fertil entwickeln, gehen mit jeder Vegetationsperiode ein, das von der Absterbestelle unterirdisch zu der Mutteraxe führende Stück ist der Träger der Knospen für die nächste Vegetationsperiode.

Zarte Saugwurzeln finden sich gewöhnlich bei *Sedum Aïzoon* nicht vor. In Bezug auf die Ausbildung des Laubblattes schliesst sich diese Art an *Sedum populifolium* an.

Betrachten wir jetzt die Entwicklung der alljährlich über die Erde gesandten Stammtheile etwas näher.

Querschnitte, nahe dem Vegetationspunkte, zeigen acht bis zehn Procambiumstränge, die in einer mehr peripherisch gestellten Ringzone liegen. Sie erscheinen schon früh seitlich verschmolzen, und nachdem in ihnen die auf normale Art erfolgende Umbildung in die ersten Elemente des Sieb- wie des Gefässtheils stattgefunden hat, tritt fascicular wie interfascicular eine Cambialzone auf, welche im ganzen Umfange des Stammes einen Holzcylinder erzeugt.

In Fig. 4, Taf. XI ist ein Stück eines Querschnittes durch den oberirdischen Stamm von *Sedum Aïzoon* gezeichnet worden. An das centrale Mark *(M)* grenzen die einzelnen Gefässgruppen *d*, welche aus Tracheïden, weniger aus echten Gefässen und zartwandigen, sie verbindenden und nach dem Innern des Stammes *(e)* umgebenden Zellformen bestehen. Auf diese folgt der Holzkörper und es zeigt sich, dass derselbe hier nicht lediglich aus Holzzellen besteht, sondern in ihm auch Gefäss-

elemente (d_1) mit wenigen zartwandigen Formen eingestreut erscheinen. Auch ausserhalb des Holzringes treten solche Gruppen auf (d_2), und zwar gewöhnlich in radialer Fortsetzung der primären Gefässe. Das Cambium findet sich hier, da der blüthetragende Stamm vollständig ausgebildet ist, nicht mehr vor, es liegt direct über dem Holzkörper der Siebtheil *(B)* der einzelnen Bündel, und ihm schliesst sich das Rindengewebe *(R)*, über dessen Bau nichts weiter zu sagen wäre, an.

Die Stammtheile sterben, soweit sie oberirdisch sind, nach Erfüllung ihrer physiologischen Function ab. Eine cambiale Thätigkeit zeigt sich im nächsten Jahre an denjenigen Partieen, welche von der Absterbestelle des betreffenden Sprosses unterirdisch nach dessen Mutteraxe führen. Diese Stammtheile, welche in gleichem Jahre mit dem oberirdischen Theil des betreffenden Sprosses entwickelt wurden, zeigen gegenüber jenem einen abweichenden Bau. Während im ersteren ein vollständiger Holzkörper entstand, wurde im letzteren ein solcher nicht oder nur theilweise entwickelt. Verfolgt man den blühenden Spross bis in seine unterirdischen Partieen, so findet man, dass bald unter der Erde der Holzkörper sich in sichelförmige Stücke auflöst, rasch ganz verschwindet, so dass diese Theile bald der mechanischen Elemente entbehren.

Ferner erscheinen die Gefässgruppen hier centraler gestellt, als in dem oberirdischen Stamm, es haben sich von da aus einzelne derartige Stränge seitlich vereint, so dass die Zahl der hier vorhandenen Gefässbündel gewöhnlich eine geringere ist.

Im zweiten Jahre fällt den basalen Rhizompartieen die Entwicklung der ihnen seitlich ansitzenden Knospen zu. Diese werden in ziemlich beträchtlicher Menge ausgebildet, und demgemäss erzeugt auch die cambiale Zone in deren Mutteraxe eine Verstärkung der einzelnen Gefässbündel durch analoge Elemente. Die Gefässgruppen werden radial weiter entwickelt, und es kommt hier viel seltener vor, dass einzelne Bündel des ersten Jahres zurückbleiben. Geschieht dies, so erfolgt es in einer Art, welche das anatomische Gesammtbild, ähnlich wie das in analogen Stammtheilen von *Sedum rupestre* der Fall war, nicht zu unregelmässig gestaltet. Es führen strahlenförmig vom Innern nach der Peripherie des Stammes sich nach aussen tangential erweiternde Gefässpartieen, über welchen an normaler Stelle die nur schwach entwickelten Siebtheile des Gefässbündels zu liegen kommen.

Die älteren aus den Basalpartieen oberirdischer Sprosse entstandenen, unterirdischen Axen dienen als Reservestoffbehälter und vermitteln die Verbindung jüngerer Rhizomtheile mit älteren, resp. deren Wurzeln. Sie verdicken sich in der bereits angedeuteten Weise weiter, die radialen Gefässgruppen werden seitens des Cambiums verstärkt, und es kommt häufig, besonders wenn diese Theile schon eine bedeutende Dicke erlangt haben, vor, dass einzelne Gefässbündelstrahlen sich nochmals und zwar in der Art theilen, dass zwischen ihnen parenchymatisches Gewebe eingeschaltet wird, während seitlich sich die Gefässbildung nach der Peripherie des Stammes fortsetzt.

Eine Unterscheidung von fertilen und sterilen Sprossen erscheint bei *Sedum Aïzoon* wenig wesentlich, da die Pflanze, vorausgesetzt, dass sie sich in einem Altersstadium befindet, in welchem sie überhaupt zu blühen im Stande ist, fast alle die an die Oberfläche gesandten Sprosse zu fertilen Gebilden entwickelt. Bleibt der eine oder andere junge Stammtheil mit dem Blühen zurück, so ändert

das gewöhnlich weder etwas an seinem anatomischen Bau, noch bleibt er dadurch von dem Absterben verschont.

Wir haben bereits bei den rasenbildenden Sedum-Arten gesehen, dass die Gesammtpflanze keinen abgeschlossenen Bau besitzt. Aeltere Theile sterben mit gewissen Altersstadien ab und isoliren anhängende Seitenaxen. Bei *Sedum Aïzoon* zeigt sich ein ähnliches Verhältniss, nur vollziehen sich diese Vorgänge in dem unter der Erde liegenden Rhizom. Sie treten ferner nicht plötzlich ein, an genannten Partieen zeigt sich, wie wir gleich sehen werden, ein partielles Absterben, es wird, schon in verhältnissmässig frühen Entwicklungsstadien, der Absterbeprocess eingeleitet. Das betreffende unterirdische Stammstück kann nach dessen Eintritt noch eine Reihe von Jahren fortleben, bevor es völlig dem Untergang anheimfällt.

Nach dem bereits Gesagten besteht der unterirdische Stammapparat von *Sedum Aïzoon* zunächst aus den jüngsten Partieen, denen die Ausbildung der Sprosse des nächsten Vegetationsjahres obliegt; auf diese folgen die älteren Mutteraxen jener Theile, denen in früheren Jahren die Sprossbildung zufiel, und letztere endlich münden wieder in Rhizompartieen älterer Perioden, welche bereits stark verdickt erscheinen. So lässt sich das bis zu den ältesten und stärksten Axen des Rhizoms verfolgen, es finden sich ferner an den älteren, wie an den jüngeren derartigen Organen die mehr oder weniger, nie aber sehr bedeutend verdickten Wurzeln vor.

Die erstgenannten jüngsten Rhizomtheile werden von den pathologischen Vorgängen, die gelegentlich des Absterbens des ansitzenden oberirdischen Stammtheils, ähnlich wie wir dies bei *Sedum spurium* ausführlich betrachtet haben, einzutreten pflegen, nicht betroffen. Ebenso lassen sich auch an den Gliedern der drei oder vier Vorjahre kaum auffällige Erscheinungen wahrnehmen, ältere Rhizomtheile dagegen zeigen bereits das Eintreten in den oben erwähnten Absterbeprocess, indem sie ihre centralen Gewebepartieen eingehen lassen.

Durchschneidet man ein derartiges Rhizom quer, so findet man Folgendes.

Die Markzellen erscheinen hier bereits von Krankheitserscheinungen ergriffen, sie sind mehr oder weniger zusammengefallen, aus ihrem Verband getreten, und in ihnen beginnen, wie die gelbliche bis rothe Färbung ihrer Membranen beweist, Fäulniss- und Zersetzungserscheinungen. Aehnlich verhalten sich die primär angelegten Gefässelemente. Auch hier zeigen sich Krankheitserscheinungen, und man bemerkt alsdann, dass eine peripherisch dem Krankheitsherd auftretende Korkzone das anstossende gesunde Gewebe vor dem Uebergreifen der ersteren zu schützen sucht.

In Fig. 1, Taf. XIII ist der betreffende Theil eines Querschnittes durch ein derartiges, etwa 3—4 jähriges Rhizom unserer Pflanze gezeichnet worden. Bei *K*, befindet sich die erwähnte centrale Korkzone, innerhalb derselben liegen die zu Grunde gegangenen Gewebe des Korkes sowohl, wie der primären Gefässe. Die oben geschilderte Anordnung der ausserhalb der Korkzone liegenden, radial sich weiter verstärkenden Gefässelemente geht ebenfalls aus dieser Zeichnung deutlich hervor. Die eben in Thätigkeit begriffene cambiale Zone bei *C* bildet die einzelnen Gefässbündel weiter und lässt seitlich von denselben parenchymatische Zellformen entstehen. Jenseits der Cambiumschicht befindet sich der schwach ausgebildete Siebtheil *(B)* und über ihm das Rindengewebe, das in seinem

Bau mit den analogen Gewebepartieen der Stammtheile der bereits besprochenen Sedum-Arten übereinstimmt. Den ganzen Stammtheil deckt eine Korkschicht, die, bereits im ersten Jahre angelegt, sich in ferneren Vegetationsperioden in der Art verstärkt hat, dass die über einer neu entstandenen inneren Korklage befindlichen Rindenzellen abgeschnürt und in eine Borkenbildung *(BK)* hinein gezogen wurden.

Die ersterwähnte centrale Korkabschnürung der erkrankten Markpartieen greift später weiter um sich. Auch jenseits der betreffenden Korkzone werden Gewebepartieen von Krankheitserscheinungen ergriffen, und damit finden sich erneute Korkbildungen hier ein. Während nun der Kork des früheren Jahres in mehr regelmässiger, ringförmiger Anordnung auftrat, ist derjenige der weiteren Jahre mehr oder minder unregelmässig gestaltet, er durchzieht, wellenförmig gebogen, die betreffenden Gewebepartieen. Alle von der zweiten Korkschicht nach innen abgetheilten Gewebeformen gehen alsbald zu Grunde, werden borkig, und es trifft ähnliches Schicksal auch die früher entstandene, centraler gelegene Korkpartie, welche mehr oder weniger verschoben und zerrissen, endlich auch bis zu gewissem Grade Zersetzungserscheinungen anheimfällt. Ein solches Verhältniss zeigt uns Fig. 2, Taf. XIII. Hier fanden sich schon seit mehreren Jahren centrale Korkzonen ein, deren erste, nur noch schwach wahrnehmbar $(K_{,,,})$, sich in Stücken in der centralen Borke bei *M* vorfindet. Auch die von Zersetzungserscheinungen ergriffenen ersten Gefässe *(b)* lassen sich hier noch erkennen, sie sind von Korklamellen späterer Jahre durchzogen; endlich schliesst eine jüngere, stärker ausgebildete Korkschicht $(K_{,})$ des letzten Jahres den ganzen centralen, von Krankheitserscheinungen ergriffenen Gewebecomplex von den peripherischen, gesunden Rhizomtheilen ab. Letztere sind gegenüber dem in der Fig. 1 ausgedrückten früheren Stadium durch das Cambium *(C)* wesentlich verstärkt worden. Das auf der rechten Seite der Zeichnung liegende strahlenförmige Gefässbündel hat sich endlich insofern getheilt, als mitten in ihm mehr parenchymatische Zellformen entstanden, die beiden seitlichen Stücke dagegen radial weitergebildet worden sind. Jenseits der cambialen Zone liegt bei *B* der Siebtheil der einzelnen Bündel. Die über ihm befindliche Rindenschicht ist in der betreffenden Zeichnung weggelassen.

Lag das ältere Rhizomstück früher in der Nähe oberirdischer Theile, und kommen somit Holzrudimente in ihm vor, so isoliren vor allen Dingen die Korkzonen die Holzstränge selbst. Wie aus Fig. 3, Taf. XIII hervorgeht, führen solche Korklamellen in äusserst unregelmässiger Gestalt um die Holzstücke *(Hzr)* herum und umfassen sie entweder allein oder mit anstossenden Gewebepartieen zugleich. Das Endresultat ist dasselbe, centrale Gewebecomplexe werden isolirt und von dem sich weiter verdickenden Gewebe abgeschnürt.

Im Allgemeinen liegen hier etwas andere Verhältnisse gegenüber dem erstbetrachteten Fall vor. Hier handelt es sich um ein Stammstück, das morphologisch dem bei den rasenbildenden Sedum-Arten gelegentlich des Absterbens der fertilen Zweige restirenden Stammstücke entspricht. Die Fäulnisserscheinungen gehen hier von der Wundstelle, welche den betreffenden absterbenden Theilen der jungen Stammpartieen anstösst, aus, während in dem von uns zuerst betrachteten Fall gerade die älteren Rhizompartieen, welche den ursprünglich ersten Axen ansassen, von Krankheitserscheinungen

betroffen wurden. Die Ursache beider Erscheinungen ist indessen so ziemlich dieselbe. Während in letzterem Fall die absterbenden jungen, blüthetragenden Sprosse die Ursache zu Krankheitserscheinungen abgaben, thun das bei den alten Rhizompartieen die ältesten, nach und nach zu Grunde gehenden, ursprünglich der primären Axe anstossenden Theile. Letztere sterben mit einem gewissen Alter ab, und von der Absterbestelle nach verhältnissmässig jüngeren Rhizomen pflanzen sich die Krankheitserscheinungen fort, sie finden da ihren Ausdruck in den oben betrachteten Zersetzungserscheinungen centraler Gewebepartieen.

Durchschneidet man ein schon stark verdicktes Rhizom quer, so sieht man schon mit unbewaffnetem Auge, dass die inneren Gewebe vollständig zu Grunde gegangen sind, dass hier eine rothbraune borkige Masse vorhanden ist. Bei älteren, 1—2 Centimeter starken Rhizomen geht das so weit, dass (man vergl. Fig. 4, Taf. XIII) nur noch eine gürtelförmige gesunde Gewebeschicht in dem dicken unterirdischen Stammtheil übrig geblieben ist. Diese entstand folgendermassen. Central wurde mit jedem Jahr Gewebe durch Korkzonen abgeschnürt, dieses ging zu Grunde und verstärkte die im Centrum des Rhizomes liegende Borke. Aehnliche Erscheinungen fanden auch peripherisch statt, es wurde in der Rinde durch fortgesetzte Korkbildung ebenfalls Borke geschaffen, welch' letztere mit der Zeit zu einer ziemlichen Stärke gediehen ist.

Fig. 4, Taf. XIII giebt einen Theil eines Querschnittes durch ein solches älteres Rhizom von *Sedum Aïzoon*; man findet hier bei $K_{\prime}$ eine centrale Korkzone, welche nach innen die abgestorbenen Mark- und Gefässzellen abgrenzt. Aehnliches erfolgt durch die Korkzone K nach aussen. Diese trennt den noch gesunden Gewebetheil von der äusseren Borke *(B K)*, in welcher man noch die mehr oder weniger vollkommen erhaltenen Korkzonen früherer Jahre wahrnehmen kann. Sämmtliche abgestorbene Gewebe sind durch eine rothe Färbung ihrer Membranreste gekennzeichnet.

Das noch gesunde Gewebestück zeigt die dem Gesammtorgan charakteristische Zellanordnung. Die strahlenförmigen Gefässgruppen *(Hg)* sind hier weiter verstärkt worden, das Cambium *(C)* befindet sich noch in Thätigkeit, über ihm findet man noch Theile der Rinde *(R)*.

Das gesunde hohlcylindrische Gewebe hält für die Dauer nicht zusammen, es zeigen sich schon Korkzonen, die auf eine weitere Auflösung desselben hindeuten. So gehen von der inneren Korklage $K_{\prime\prime}$ von zwei Stellen nach i neue Korkschichten, diese vereinigen sich hier und schreiten radial nach dem Aussenkork K vor. Hierdurch findet zunächst ein kleines Gewebestück bei i, später ein ähnliches an entgegengesetzter Seite seinen Untergang, der geschlossene gesunde Gewebecylinder erfährt an einzelnen Stellen eine Verengerung, und gerade an diesen Stellen veranlassen später neu hinzutretende Korkbildungen eine Durchbrechung. Der geschlossene Cylinder zerfällt in einzelne strangförmige Stücke, und es liegen alsdann innerhalb eines älteren, 1—2 Centimeter dicken Rhizoms, in einer abgestorbenen Grundmasse, ringförmig angeordnet, einzelne gesunde Gewebegruppen, die von ersterer durch Kork abgegrenzt erscheinen.

In einem solchen älteren Rhizom können 6—8 derartige noch lebende Gewebestränge vorhanden sein. Zwei solche, umgeben von ihrer verborkten Grundmasse, finden sich in Fig. 5, Taf. XIII gezeichnet. Es sind das die mehr oder minder kreisförmigen Gruppen bei *e* und *d* der genannten

Figur. In ihnen liegen in Fortsetzung der alten, in der Borke noch kennbaren Gefässelemente $(Hg_{,,})$ Gefässzellen; selbst eine thätige cambiale Zone findet sich in diesen Partieen noch vor. Die äussere wie die innere Borke bedarf hinsichtlich ihrer Entstehung oder ihrer Zusammensetzung keiner weiteren Erklärung. Bei *i*, als dem radial zwischen den einzelnen Gruppen liegenden Stücke der borkigen Grundmasse, wurde früher die Trennung (man vergl. Fig. 4, Taf. XIII) der ursprünglich ringförmigen Gewebezone eingeleitet.

Den in der borkigen Grundmasse eingebetteten Gewebesträngen wohnt noch die Fähigkeit inne, sich bis zu gewissem Grade durch cambiale Thätigkeit zu vergrössern. Eine an normaler Stelle befindliche Cambiumzone von mehr oder minder gebogener Gestalt (man vergl. Fig. 5 und 6, Taf. XIII) ist in den meisten Fällen noch deutlich wahrnehmbar.

Die im Allgemeinen geringe Vergrösserung jener Theile hat Verschiebungen der umgebenden Borke, sowie stellenweises Zerreissen der die Stränge umhüllenden Korkschicht, welche durch neue Korkbildungen sehr bald an betreffender Stelle ihre Ergänzung findet, zur Folge.

Trotz ihres recht zähen Lebens halten die Gewebestränge der älteren Rhizome, sind sie einmal in ein derartiges Entwicklungsstadium getreten, nicht allzulange mehr aus, sie functioniren wohl noch das eine oder andere Jahr hindurch und stellen die Verbindung älterer Partieen des unterirdischen Stammapparates, resp. deren Wurzeln, mit jüngeren ähnlichen Theilen her, endlich sterben sie mit oder nach einander ab. Gewöhnlich halten sich grössere derartige Bündel am längsten, sie können sogar eine nochmalige radiale Theilung eintreten lassen, dann werden auch sie eingezogen. Das alte, dicke Rhizom ist dann völlig abgestorben, die anhängenden Seitenaxen sind isolirt und stellen selbständige, auf ungeschlechtlichem Wege entstandene neue Pflanzen dar.

Der Absterbeprocess der Rhizome von *Sedum Aïzoon* geht somit nur langsam vor sich. Vom Beginn der centralen Erkrankungen bis zum vollständigen Eingehen dieser Theile vergehen viele Jahre, während welcher die betreffenden Partieen sich noch sehr bedeutend weiter zu verdicken vermögen.

Die den Rhizomen anhaftenden Wurzeln sterben auf ähnliche Art ab. Auch hier treten central Korkzonen auf, die jährlich weiter greifen; da diese Organe aber nicht entfernt die Dicke der Rhizome selbst, denen sie anhaften, erreichen, so gestalten sich die Endstadien des Absterbeprocesses einfacher; eine Theilung in einzelne Bündel tritt hier nicht auf. Ist bei diesen Wurzeln ein grösserer Theil des centralen Gewebes zu Grunde gegangen, so sind auch die anhaftenden Rhizome gewöhnlich ihrem Ende nahe und beide sterben gemeinsam ab.

Ueber die Ausbildung der Wurzelorgane von *Sedum Aïzoon* wäre noch Folgendes zu sagen.

Sie entstehen wie bei den von uns bereits betrachteten Sedum-Arten, in der Nähe oder an den axilen Knospen der jüngsten Rhizome. In dem jungen Wurzelorgan zeigt sich ein centraler Procambiumstrang und in ihm bilden sich, centripetal fortschreitend, gewöhnlich an zwei, höchstens an drei Stellen der Peripherie die ersten Gefässelemente. Diese Bildungen gehen bis ins Centrum des Procambiumstranges und vereinigen sich hier, es tritt alsdann peripherisch zu denselben eine Cambialzone auf, die in Fortsetzung der bereits vorhandenen Gefässe radial neue ähnliche Elemente erzeugt. Ferner werden nicht selten hier noch neue derartige Gruppen angelegt und weiter gebildet.

Die Wurzel hat somit einen dem Rhizom ähnlichen Bau, die strahlenförmig angeordneten Gefässbündel gehen hier zum Unterschied von diesem bis zum Centrum der Wurzel.

Fassen wir das Hauptsächlichste des über die Entwicklung von *Sedum Aïzoon* Gesagten jetzt zusammen.

Sämmtliche oberirdische Organe von *Sedum Aïzoon*, die zum grössten Theil sich zu blüthetragenden Stämmen ausbilden und mit jeder Vegetationsperiode eingezogen werden, besitzen denselben anatomischen Bau. Es entstehen 8 bis 10 Procambiumstränge und aus ihnen die definitiven Gefässbündel; eine cambiale Zone legt fascicular wie interfascicular einen Holzkörper an.

Dieser letztere schwindet, wo der Stammtheil in die Erde gelangt, bald, hier findet sich keine oder nur eine sehr geringe Verstärkung des Rhizoms durch Holzbildungen vor. Das kurze Stammstück, welches hier von der Absterbestelle des fertilen Sprosses zur Mutteraxe führt, verdickt sich weiter und wird zum Träger der basalen, unterirdischen Sprosse des nächsten Vegetationsjahres. Dessen Mutteraxe treibt gewöhnlich keine derartigen Stammtheile, sie war im Vorjahre in dieser Weise thätig. Aehnlich verhalten sich die älteren ansitzenden Rhizomtheile. Sie stellen inclusive ihrer Wurzeln die Verbindung mit jüngeren Partieen her und fungiren bei ihrer bedeutenden Dicke mit als Reservestoffbehälter der Gesammtpflanze. Gegenüber anderen seither besprochenen Sedum-Arten ist die Entwicklung der hier unterirdischen Stammtheile quantitativ zurückgetreten, dagegen qualitativ bevorzugt.

An der Absterbestelle des oberirdischen Organs treten Krankheitserscheinungen, wie wir sie bei *Sedum spurium* ausführlich betrachtet haben, auf. Diese greifen indessen nicht sehr bedeutend um sich. Aus gleichen Gründen ereignet sich Aehnliches auch bei den älteren, stark verdickten Partieen des Rhizoms, und zwar trägt das allmählich erfolgende Absterben der ältesten unterirdischen Stammstücke die Schuld. Die ältesten Axentheile der Gesammtpflanze gehen nach einer gewissen Reihe von Jahren ein, und die hier auftretenden Krankheitserscheinungen pflanzen sich selbst auf verhältnissmässig junge, etwa 3—4jährige Rhizompartieen in folgender Art fort. In diesen Theilen finden Erkrankungen der centralen Gewebe des Marks wie der Gefässe statt. Korkbildungen grenzen diese gegen peripherische, gesunde Gewebepartieen ab. Während die letzteren durch cambiale Thätigkeit weiterwachsen, während die strahlenförmigen radialen Gefässgruppen im Gesammtorgan weiter fortgebildet werden, geht von Jahr zu Jahr mehr centrales Gewebe zu Grunde und wird dann durch sehr unregelmässig gestaltete Korklamellen vom lebenden Gewebe abgeschnürt. So lebt das ältere Rhizom unter fortwährender Verdickung noch eine längere Reihe von Jahren fort. In seinem Inneren birgt es eine borkige, zu Grunde gegangene Gewebemasse, zu der sich eine peripherische ähnliche Borke gesellt, die durch jährlich wiederkehrende Korkbildung in der Rinde veranlasst worden ist. In späteren Altersstadien liegt in einer borkigen Grundmasse ein ringförmiges, mehr oder weniger regelmässig gestaltetes, lebendes Gewebestück, und auch dieses wird, je älter das Rhizom wird, durch radiale Korkbildungen in einzelne, kreisförmige Anordnung besitzende, lebende Gewebestränge getrennt, welche letztere ebenfalls noch einige Zeit sich durch cambiale Thätigkeit weiter verdicken können. Endlich verschwinden auch sie, die betreffende Rhizompartie ist völlig abgestorben.

Die Krankheitserscheinungen gehen von den ältesten absterbenden Rhizomtheilen aus. Deren bis zu zwei Centimeter dicke Partieen sind dem Volumen nach grössten Theils todt; je weiter man zu jüngeren Rhizomstücken übergeht, um so mehr trifft man gesunde Axen, endlich zeigen sich in etwa dreijährigen derartigen Theilen nur noch leise Spuren einer Erkrankung centraler Gewebe. Ein sehr grosser Theil des unterirdischen Rhizoms von *Sedum Aïzoon* ist somit partiell von Krankheitserscheinungen heimgesucht, ohne dass solche jedoch sein Weiterwachsen in besonderem Grade gefährdeten. Von dem ersten Eintreten jener Erscheinungen, die sich durch rothe Färbung der Membranen der betreffenden Gewebe bemerkbar machen, bis zu vollständigem Absterben des betreffenden Rhizomstückes vergehen viele Jahre; die mehr oder weniger gesunden Theile der Rhizome endlich vermitteln die Verbindung der älteren Wurzeln mit den jüngeren Stammpartieen.

Aehnlich dem unterirdischen Rhizom von *Sedum Aïzoon* treten auch in dessen ansitzenden Wurzeln Erkrankungen centraler Gewebepartieen auf, doch verlaufen diese hier einfacher, als das in erstgenannten Organen der Fall ist. Zu der Bildung einzelner gesunder Gewebestränge inmitten einer abgestorbenen Grundmasse kommt es hier, wohl in Folge der geringeren Dicke jener Theile, nicht, gewöhnlich fallen gleichzeitig mit dem absterbenden Rhizom auch die anhaftenden Wurzeln dem Untergang anheim.

Die Ausbildung der Wurzel ähnelt derjenigen des unterirdischen Rhizoms sehr, die ebenfalls strahlenförmig angeordneten Gefässgruppen führen jedoch bis in's Centrum des ersteren Organs.

Gehen wir jetzt zu der Betrachtung der letzten, morphologisch ebenfalls abweichenden, unter die Gruppe von *Sedum Telephium L.* zusammengestellten Sedum-Arten über.

VIII. Sedum Telephium L.

1. Entwicklung des Stammes.

Die unter *Sedum Telephium* zusammengestellte Gruppe (*Sedum Telephium, maximum* und *Fabaria*) unterscheidet sich morphologisch wesentlich von den seither betrachteten Arten. Am nächsten schliesst sie sich an *Sedum Aïzoon* an, denn auch hier zeigt sich, gegenüber den rasenbildenden Sedum-Arten, ein Zurücktreten der Stammorgane, auch hier finden wir ein vollständiges Absterben oberirdischer Theile mit jedem Vegetationsjahr; endlich ergibt sich auch hinsichtlich der Blattbildung eine Uebereinstimmung mit *Sedum Aïzoon*. Unterschieden sind die beiden Gruppen durch die Art der Entwicklung resp. Ausbildung von Stamm und Wurzel. Während bei *Sedum Aïzoon* ein sich stark verdickendes unterirdisches Rhizom angelegt wurde, das sich längere Zeit weiter entwickelt und alljährlich an seinen jüngeren Theilen Sprosse über die Erde sandte, dessen Wurzelorgane dagegen keine nennenswerthe Ausbildung erfuhren, ist die Sache bei *Sedum Telephium* gerade umgekehrt. Hier tritt die Entwicklung des Stammes gegenüber derjenigen der Wurzel vollständig in den Hintergrund, die letztere verdickt sich sehr bedeutend, während die Stammtheile nur eine verhältnissmässig geringe Ausbildung zeigen.

Gehen wir zunächst zur Untersuchung der Entwicklung des Stammes über.

In ihm entstehen Procambiumstränge und Gefässbündel auf ähnliche Art und in ähnlicher Zahl, wie bei *Sedum Aïzoon*. Ferner construirt eine cambiale Zone einen Holzkörper, der, wie dies in Fig. 4, Taf. XI an *Sedum Aïzoon* gezeichnet worden ist, auch Gefässelemente und wenige, diese verbindende zartwandige Zellformen enthält. Auch die anderen in dieser Zeichnung ausgedrückten histologischen Verhältnisse stimmen hier mit der genannten Species so überein, dass ich mich beschränken kann, auf sie zu verweisen.

Geht man von den blühenden Stämmen aus nach den in der Erde befindlichen jüngsten Rhizompartieen, so zeigt sich, dass der Holzkörper in einzelne Theile aufgelöst wird und verschwindet, doch erfolgt das nicht ganz so schnell wie in den analogen Organen von *Sedum Aïzoon*. An den hier noch vorhandenen sichelförmigen Holzresten machen sich ebenfalls Krankheitserscheinungen, ausgehend von der Absterbestelle des oberirdischen Sprosses, geltend, deren schädliche Einflüsse, ähnlich wie wir das bei *Sedum spurium* genauer verfolgt haben, durch Korkbildungen möglichst unwirksam gemacht werden.

Während im nächsten Jahr die letztgenannten basalen Theile die seitlich ihnen ansitzenden Knospen zu blüthetragenden, oberirdischen Zweigen ausbilden, werden sie selbst durch eine an

normaler Stelle auftretende Cambiumzone in einer der Stammverdickung von *Sedum Aïzoon* nicht unähnlichen Art fortgebildet, nur erscheint der Grad der Verdickung hier ein weitaus geringerer als derjenige der analogen Organe der genannten Sedum-Species. Den im Stamme bereits vorhandenen primären Gefässgruppen werden neue ähnliche Elemente, in verhältnissmässig geringer Zahl, zugefügt, wir finden im Allgemeinen eine radiale Anordnung der Gefässtheile, diese sind seitlich durch mehr parenchymatische Zellformen von einander getrennt. Endlich können, was besonders gegenüber den rasenbildenden Sedum-Arten hier weitaus seltener geschieht, auch einzelne primäre Gefässgruppen von einer weiteren Entwicklung ausgeschlossen werden.

In der Nähe der Absterbestelle des oberirdischen Sprosses findet sich noch das eine oder andere rudimentäre Holzstück, das dem früher ansitzenden Zweige sein Entstehen verdankte, umgeben von einer Korkzone vor. Mehrere derartige Holzstücke, insofern sie einem zweiten Holzkreise eines direct oder indirect ansitzenden oberirdischen Stammtheils angehören, eventuell deren Entstehen hier von einem solchen veranlasst wurde, kommen, da diese Bildungen nicht gerade sehr tief in die basalen Stammtheile eingreifen, gewöhnlich nicht vor, doch sind sie nicht völlig ausgeschlossen.

Die Verdickung der älteren Rhizomtheile schreitet sehr langsam vor, ein hohes Alter scheint ihnen nicht vergönnt zu sein. Auch hier treten Krankheitserscheinungen auf, die eine Isolirung einzelner Gewebepartieen zur Folge haben. Diese bilden die Einleitung zu dem später erfolgenden vollständigen Absterben der betreffenden Partieen, es entstehen durch sie in den verschiedenen Stadien ebenfalls abweichende anatomische Bilder, ähnlich denen, die wir im Verlauf unserer Betrachtungen bei analogen Organen bereits kennen gelernt haben. In Folge der geringen Stärke jener Theile nehmen indessen derartige Erscheinungen nie auch nur entfernt ähnliche Dimensionen, wie beispielsweise bei *Sedum Aïzoon*, an. Hat die Erkrankung einzelner Gewebe einmal stattgefunden, so geht auch in nicht allzulanger Zeit die betreffende Rhizompartie ein. Die Krankheitserscheinungen beginnen an den seiner Zeit der primären Axe anstossenden Stammstücken, von hier sich nach jüngeren Partieen verbreitend. Mit dem Absterben älterer, erkrankter Rhizomstücke werden dessen Seitenaxen isolirt und zu selbständigen Pflanzen.

Aehnlich den älteren Rhizomtheilen werden nicht selten die diesen anhaftenden Wurzelorgane in die Krankheitserscheinungen hineingezogen, doch treten letztere hier später auf und nehmen, ist das einmal geschehen, einen rapideren Verlauf. Oft noch vor dem, gegenüber anderen Sedum-Arten, so raschen Eingehen erkrankter Stammtheile sind die ihnen ansitzenden Wurzeln abgestorben, nachdem sie zuvor ihre Reservestoffe durch die noch gesunden Gewebepartieen des Rhizoms nach jüngeren ähnlichen Theilen befördert haben.

Gegenüber den verhältnissmässig einfach gebauten Stammtheilen von *Sedum Telephium* gewinnt die Betrachtung der abnormen anatomischen Verhältnisse der rübenförmig anschwellenden Wurzelorgane der genannten Species ein erhöhtes Interesse. Es möge gestattet sein, jetzt zu diesen überzugehen.

2. Bau und Entwicklung der Wurzel von Sedum Telephium.

Wie bereits Irmisch [1]) gezeigt hat, entstehen die Wurzelorgane auf adventivem Wege an den Stammtheilen ansitzenden Seitenknospen, mitunter auch an den ersteren selbst. Sie entwickeln sich rasch weiter, erreichen sehr bald eine ansehnliche Dicke und dauern eine Reihe von Jahren aus. Durchschneidet man ein ganz junges derartiges Organ, so erhält man ein mit Fig. 1, Taf. XIV übereinstimmendes anatomisches Bild. Innerhalb der Wurzel findet sich ein Procambiumcylinder *(Pr)*, in welchem bereits die erste Anlage von Gefässelementen stattgefunden hat. Von drei peripherischen Stellen des Cylinders schreitet centripetal die Gefässbildung *(Hg)* bis in's Innere der Wurzel vor, und noch ehe sie vollständig erfolgt ist, gewahrt man rings um den Procambiumcylinder das Auftreten einer cambialen Zone.

Der erstgenannte Procambiumkörper ist quantitativ nicht sehr bedeutend entwickelt, er nimmt gegenüber dem sehr massig angelegten peripherischen Grundgewebe einen nur verhältnissmässig kleinen Raum ein. Ferner erscheinen zwischen dessen drei Gefässreihen *(Hg)* keine Phloëmtheile, hier sind nur die procambialen, lang gestreckten Zellformen vorhanden. Die Ausbildung des Phloëms erfolgt erst später ausserhalb der auftretenden peripherischen Cambiumzone.

Nicht immer schreitet von drei Stellen aus die Gefässbildung centripetal fort; es kommt, wie Fig. 2, Taf. XIV das zeigt, auch vor, dass von vier Punkten aus jene Bildung eingeleitet wird. Anstatt dreier kreuzweise gestellter Gefässstrahlen erscheinen alsdann deren vier. Dieser Fall ist indessen der weniger häufige, meist trifft man anatomische Bilder, wie sie in Fig. 2, Taf. XIV ihren Ausdruck finden. Aus beiden angeführten Zeichnungen geht endlich hervor, dass schon früh eine peripherische Korkbildung *(K)* eintritt.

In Fig. 2, Taf. XIV ist ferner bemerkbar, dass seitens der Cambialzone *(C)* einestheils die centripetal entstandenen Gefässelemente centrifugal verstärkt worden sind, anderntheils bei *B* der Siebtheil, jenseits der Cambiumzone, Anlage gefunden hat. Die zwischen den Gefässreihen liegenden procambialen Zellformen lassen in einem derartigen Entwicklungsstadium bereits mehr parenchymatische Gestalt wahrnehmen, die einzelnen Zellen haben sich hier abgerundet, Intercellularräume sind zwischen ihnen entstanden, das Gewebe ähnelt hier bereits der umgebenden Rinde. In Stadien, wie sie durch Fig. 3, Taf. XIV ausgedrückt sind, ist das noch deutlicher zu sehen. Aus letztgenannter Zeichnung geht noch hervor, dass das Cambium *(C)* nicht allein die ursprünglich vorhandenen drei Gefässreihen weiter gebildet, sondern dass es auch seitlich von diesen neue Gefässgruppen *(b* u. *c)* angelegt hat. Die letzteren erscheinen, je nachdem sie früher oder später ihre Anlage gefunden haben, hinsichtlich ihrer Stärke verschieden, die zuerst zwischen die drei ursprünglichen Gefässreihen eingeschobenen derartigen Gruppen sind verhältnissmässig schwach, werden indessen bei ihrer radialen Weiterbildung stärker; die mit Zunahme der Dicke des Wurzelorgans zwischen den bereits vorhandenen Gruppen hinzutretenden neuen Gefässreihen entsprechen hinsichtlich ihrer Stärke den benachbarten ähnlichen Theilen. Die

[1]) Irmisch a. a. O., pag. 251.

zuerst entstandenen Gefässreihen reichen somit bis in's Centrum der Wurzel, die secundären derartigen Strahlen gehen etwa bis zur Peripherie des ursprünglichen Procambiumcylinders, die tertiären und weiteren derartigen Bildungen beginnen an noch weiter nach aussen gelegenen Partieen der Wurzel.

Schon in Entwicklungsstadien, wie sie in Fig. 3, Taf. XIV gezeichnet sind, zeigt es sich nun, dass das Cambium Neigung zu einer ungleichmässigen Wurzelverdickung hat. Die genannte Abbildung ist nach einem Präparate gegeben, das etwa der Mitte des Wurzelorgans, also der Stelle, welche später die stärkste Verdickung zeigt, entnommen war. Die cambialen Theilungen erfolgen hier bereits ungleichmässig, ihre Intensität ist an einzelnen Stellen eine grössere, an anderen eine geringere, es folgt daraus die deutlich ersichtliche, wellenförmige Begränzung der Cambiumzone. Noch schärfer tritt das in späteren Entwicklungsstadien hervor. In Fig. 4, Taf. XIV sehen wir, dass das Cambium an einzelnen Stellen *(d)* schon bedeutend zurückgeblieben ist, hier sind geradezu Einschnitte entstanden. Die ursprünglich ringförmige Cambiumzone hat an letzteren ihre Thätigkeit bis zu gewissem Grade sistirt, während sie zwischen ihnen ihre Zellen um so lebhafter weiter theilt. Zwischen den erstgenannten Stellen finden sich aber noch weitere ähnliche Einschnürungen, an welchen das Cambium allerdings in nicht so bedeutendem Grade zurückgeblieben ist, endlich sind noch leichte Biegungen der einzelnen Cambialstücke vorhanden, an welchen die Theilungsintensität des Cambiums eben nachzulassen beginnt. Aus dieser ungleichmässigen Entwicklung des Cambiums, die vorzugsweise an den mittleren Partieen der Wurzel einzutreten pflegt, resultirt der eigenthümliche anatomische Bau, den ältere Wurzelorgane von *Sedum Telephium* sehen lassen und mit dem wir uns gleich näher zu befassen haben werden. Bemerkenswerth ist an Entwicklungsstadien, wie sie in Fig. 4, Taf. XIV ihren Ausdruck finden, noch, dass die zwischen den radial angeordneten Gefässreihen befindlichen Zellformen einen parenchymatischen Charakter angenommen haben. Die Zellen sind rundlich, wurden nachträglich vergrössert, und durch das Auseinanderweichen derselben finden sich intercellulare Luftgänge von einer Grösse vor, wie man sie gewöhnlich nur in dem Rindengewebe antrifft. Die centralen derartigen Partieen entstanden aus dem Procambiumcylinder, die späteren aus dem Cambium selbst, beide gehören somit entwicklungsgeschichtlich dem Gefässbündel an, trotzdem sie in ihrer Ausbildung sehr an ächtes Markgewebe erinnern. Bei älteren Wurzeltheilen ist das noch in erhöhterem Maasse der Fall. Die zuerst angelegten radialen, bis in's Centrum der Wurzel gehenden Gefässreihen besitzen verhältnissmässig nur wenig Gefässzellen, die Formen, welche sie verbinden, behalten in der Folge nicht ihren mehr procambialen Charakter, auch sie runden sich ab, lassen intercellulare Räume zwischen sich entstehen oder werden durch das Wachsthum der seitlich liegenden Zellformen in radialer Richtung gedehnt. Immerhin erscheinen sie um das Vielfache grösser, als die ihnen angrenzenden wenigen Gefässzellen selbst, woraus folgt, dass in älteren Wurzelorganen, bei dem überhaupt spärlichen Vorhandensein der Gefässelemente in den genannten centralen Partieen, diese sehr leicht übersehen werden können, so dass man ein centrales Markgewebe ohne jegliche derartige Formen vor sich zu haben glaubt. Dazu kommt noch, dass in solchen Theilen Stärke in sehr bedeutender Menge abgelagert ist, die beim Schneiden des betreffenden Pflanzenstückes die wenigen Gefässzellen verdeckt. Alles das scheint die Veranlassung gewesen zu sein, dass frühere

Autoren von der Anwesenheit der bis in's Centrum der Wurzel gehenden Gefässzellen resp. Reihen nichts bemerkten und ein einheitliches Markgewebe annahmen. Bei Präparaten von genügender Feinheit, deren Stärkegehalt durch Präparation und Behandlung mit Kali gemindert oder gänzlich weggenommen wurde, zeigen sich immer die wenigen ersten Gefässe.

Fig. 5, Taf. XIV gibt die Abbildung des Theils eines Querschnittes durch die mittlere Partie einer weiter entwickelten Wurzel von *Sedum Telephium*. Die erwähnten primären Gefässelemente (*f*, Fig. 5) sind hier, eingebettet in etwas radial gestreckte, um das Vielfache grössere, parenchymatische Zellen, deutlich wahrnehmbar, sie lassen sich bis in das Centrum der Wurzel *(C)* verfolgen. Endlich finden wir, dass die Ausbildung der intercellularen Luftgänge hier wesentliche Fortschritte gemacht hat.

Am eigenthümlichsten gestalten sich bei derartigen Entwicklungsstadien die cambiale Zone und die ihr anstossenden Gewebepartieen. Wir sahen schon, dass das Cambium Neigung hat, an einzelnen Stellen seine Theilungen zu sistiren und sich somit ungleichmässig zu entwickeln. Hierdurch ist bereits ein eigenthümlicher Zustand geschaffen worden; der Cambialkreis erweist sich an einzelnen Stellen *(e)* völlig unterbrochen, erscheint in mehrere gesonderte Bogenstücke gespalten, und merkwürdiger Weise treten dann gegenüber diesen Stücken, innerhalb des parenchymatischen Füllgewebes, bei *i* cambiale Theilungen auf, die sich mit den cambialen Endstücken bei *e* in Verbindung setzen und so Einzelkreise innerhalb des Wurzelorgans veranlassen. Diese cambialen, die primären Bogenstücke ergänzenden Zonen können auf verschiedene Art gebildet werden. Ausser dem eben erwähnten Falle ist es auch möglich, dass von den in ihrer Entwicklung zurückgebliebenen Rändern *(e)* der einzelnen Cambialbogen jene Ergänzung ausgeht (man vergl. die rechte Seite der angeführten Zeichnung), dass von einem derselben die Theilungen beginnen, sich durch das Füllgewebe fortsetzen, um sich mit dem anderen Ende des betreffenden Cambialstückes zu vereinigen. Das Endresultat ist in beiden Fällen dasselbe. Innerhalb des Wurzelorgans finden sich Einzelkreise des Cambiums vor, deren Entstehen eingeleitet wurde durch das Zurückbleiben einzelner Theile der ursprünglich einheitlichen Cambiumzone, deren Vollendung erzielt wurde durch das Auftreten meristematischer Partieen, die sich an die peripherischen Cambialbogen auf die eine oder andere Art anschliessen.

Klarer wird das Gesagte durch die Betrachtung der Abbildung eines Theils vom Querschnitt durch eine ältere Wurzel von *Sedum Telephium*, wie sie in Fig. 6, Taf. XIV vorliegt. Hier hat die Vereinigung der secundär im Füllgewebe entstandenen neuen Cambialstücke mit den erst vorhandenen Cambialbogen bereits stattgefunden, es finden sich hier drei Einzelkreise $(Kr_{\text{I, II u. III}})$ in ausgebildetem Zustand gezeichnet. Zwischen ihnen, an der Stelle, wo sich das Cambium seiner Zeit getrennt hat, sehen wir parenchymatische Zellformen, deren Elemente einestheils grösser geworden sind, anderntheils durch Auseinanderweichen sehr bedeutende Intercellularräume gebildet haben.

Innerhalb der Einzelkreise lassen sich zunächst noch die bis in's Innere der Wurzel führenden primären Gefässgruppen $(Kr_{\text{I u. III}}$, *c* bis *f)* verfolgen. Diese durchsetzen erst mit bedeutender Gefässzahl den betreffenden Partialkreis selbst, und gehen alsdann, unter bedeutender Abnahme der Gefäss-

elemente, welche hier in grosse parenchymatische Zellen eingebettet sind, bis in's Innere der Wurzel. Die hinsichtlich ihrer Grösse zunächst sich anschliessenden Gefässstrahlen, also diejenigen, welche secundär durch das Cambium angelegt wurden (*g* Fig. 4 u. 5), treten gewöhnlich durch die einzelnen Kreise (*t* Fig. 6 Kr_{II}) durch, gelangen aber nicht bis zur Mitte der Wurzel, sondern endigen schon früher in dem scheinbaren Mark der letzteren. Endlich kommen noch die kleinsten Gefässpartieen in Betracht, und diese können entweder durch das ursprüngliche Cambium angelegt sein — alsdann liegen sie normal auf der äussersten Seite der Partialkreise — oder sie haben durch deren innere cambiale Ergänzungsstücke ihre Anlage gefunden, und alsdann finden wir sie an den inneren (bei *u*) oder an seitwärts liegenden Stellen der Einzelkreise. Aus ihrer Anlage geht schon hervor, dass die Partialkreise einer selbstständigen Verdickung fähig sind, sie verhalten sich hierin ähnlich wie der einzige Cambiumkreis der normalen dicotylen Wurzeln. In ihnen liegen in kreisförmiger Anordnung die Elemente des Gefässtheils, die jüngsten durch die cambiale Thätigkeit des selbständig sich verdickenden Kreises entstanden, die älteren noch aus früheren Entwicklungsstadien vorhanden.

Zuweilen kommt es nun vor, dass die älteren, mehr oder weniger tief in das Centrum der Wurzel gehenden, primären oder secundären Gefässgruppen sich mit einem gegenständigen, im Partialkreis selbst später erzeugten Bündel vereinigen. Es entstehen dann im Einzelkreis Bilder, wie sie in Fig. 6, Kr_{III} bei *s* gezeichnet sind. Hier führt der primäre Gefässstrahl *f* bei *g* durch das innere Cambium des betreffenden Kreises, dabei ist in Folge der Thätigkeit des Cambiums eine neue Gefässgruppe angelegt worden, die mit ersterem sich bis zu gewissem Grade vereinigt hat.

Betrachten wir jetzt Lage und Entwicklung des Siebtheils im Gefässbündel der Wurzel von *Sedum Telephium*.

Wir haben bereits gesehen, dass erst mit Eintreten der cambialen Thätigkeit in den jungen Wurzeln Elemente des Siebtheils des Gefässbündels mit Sicherheit wahrzunehmen sind. Sie finden sich über den primären, secundären und tertiären Gefässstrahlen an normaler Stelle vor (Fig. 2, 3, 4 u. 5, Taf. XIV bei *B*). Complicirter wird das Verhältniss erst, sobald die Bildung der Einzelkreise beginnt. Alsdann liegt der Siebtheil aller derjenigen Gefässgruppen, welche aus der ursprünglichen Cambialzone hervorgegangen sind, ausserhalb der letzteren, über den zugehörigen Gefässstrahlen (*B*, Fig. 5, Taf. XIV). Central dagegen, an den neu entstandenen Cambialpartieen der Einzelkreise, finden wir ebenfalls Elemente des Siebtheils. Diese entstammen hier (unter *u*, Fig. 6) den nachträglichen inneren Cambialzonen selbst, sie entstanden gelegentlich des selbstständigen Wachsthums des betreffenden Einzelkreises, es verhält sich der letztere ähnlich dem den meisten dicotylen Pflanzen eigenen einzigen Cambialringe.

Bastfasern fehlen der Wurzel vollständig, ferner entbehrt der Gefässtheil im Allgemeinen der Holzzellen; er ist zusammengesetzt aus Gefässelementen — spiralig sowie netzförmig verdickte Tracheïden und echte Gefässe — in der geschilderten Anordnung und wenigen zartwandigen langgestreckten, diese Gefässe verbindenden Zellformen, endlich aus parenchymatischen Zellen, die anfangs an die procambialen Elemente erinnern, später den Zellen des Rindengewebes sehr ähnlich ausgebildet werden.

Aus dem Gesagten geht bereits hervor, dass die Partialkreise der Wurzelorgane selbstständig weiterwachsen, da den vorhandenenen Gefässzellen neue ähnliche Elemente zugesellt werden, dass ferner auch hier neue Gefässpartieen, ähnlich wie das früher bei dem primären Cambiumkreis des Gesammtorgans geschah, angelegt werden können. Es fragt sich nun, wie folgt gegenüber der Volumzunahme der Einzelkreise das Grundgewebe nach, wie verhält sich, bei der eigenthümlichen Wachsthumsweise derselben, sowohl das centrale wie peripherische Gewebe des Gesammtorgans, das mit jenem doch in fester organischer Verbindung steht?

Für die Elemente der Rinde der Gesammtwurzel, die verhältnissmässig weniger durch das Wachsthum der Einzelkreise, als durch die sehr wesentliche Verdickung des Organs überhaupt alterirt wird, dürfte Folgendes gelten.

Bei den frühsten Entwicklungsstadien der Wurzel zeigt sich bereits ein im Verhältniss zu dem übrigen Gewebe sehr schwach entwickelter Procambiumstrang (*Pr* Fig. 1, Taf. XIV), die umgebende Rinde (*R*) ist demnach verhältnissmässig stark angelegt; sie besteht aus kleineren, dicht aneinanderstossenden Zellen. Bei eintretender cambialer Thätigkeit und der dadurch bedingten Verdickung des Gesammtorgans folgen die peripherischen Rindenpartieen, nachdem sie ihre Theilungen beendet, einestheils durch Volumzunahme der einzelnen Zellen, anderntheils durch die Bildung intercellularer Luftlücken nach. Durch die später sehr bedeutende Entwicklung des centralen Theiles der Wurzel verschieben sich endlich die einzelnen Zellelemente der Rinde, die ganze ursprünglich starke Rindenlage wird eben durch die centrale Volumzunahme gedehnt und dadurch dünner.

Alles das würde sich nicht viel anders gestalten, wenn an Stelle der sich vergrössernden Einzelkreise eine einheitliche Cambialzone auf normale Art das Organ verdickt hätte, hier käme nur die sehr bedeutende Volumzunahme des Organs überhaupt in Betracht. Dem ersten Anschein nach abweichend verhält es sich mit denjenigen Zellpartieen, welche seitlich wie central den sich selbständig verdickenden Partialkreisen anliegen. Durch deren Wachsthum, das ja in Bezug auf das Gesammtorgan auch in centripetaler Richtung erfolgt, könnte vorzugsweise das centrale Füllgewebe mehr oder weniger zerstört und zusammengedrückt werden oder andererseits bei grosser Widerstandsfähigkeit dem Wachsthum der Partialkreise in dieser Richtung hindernd in den Weg treten. Beides ist nun nicht der Fall, denn schon früh, während eine Trennung des primären Cambialkreises noch nicht oder nur unvollständig erfolgt ist, zeigt das centrale Füllgewebe Neigung zu einer losen Structur, seine Zellen legen grössere Intercellularräume an, gehen auseinander, und in einem Stadium, in welchem die Partialkreise ihre vollständige Anlage gefunden haben, umschliessen sie eine Gewebemasse, deren Zusammenhang ein so lockerer ist, dass häufig beim Schneiden zum Zwecke der Präparation die einzelnen Zellen aus ihrem Verband gelöst werden. Für die Partialkreise ist es somit ein Leichtes, sie in der einen oder anderen Richtung zu verschieben.

Die Verhältnisse liegen somit ganz ähnlich wie bei der Aussenrinde. Hier wie da verschaffen sich die Einzelkreise des Gesammtorgans durch Verschiebung des losen maschenförmigen centralen wie peripherischen Gewebes Platz, ohne dass in letzterem wesentliche Störungen eintreten.

Alles das hier über die Verdickung der Wurzel von *Sedum Telephium* Gesagte hat keine ganz

allgemeine Geltung, es bezieht sich nur auf gewisse Stellen der Wurzel selbst, nämlich diejenigen, an welchen die Anschwellung des Organs am bedeutendsten ist.

Die Wurzel besitzt eine rübenförmige Gestalt, etwa in ihrer Mitte zeigt sich die erwähnte Trennung des Cambiums in Einzelkreise, an ihrem oberen wie unteren Ende finden sich dagegen mehr die normalen Verhältnisse vor. An der Stelle der Wurzel, welche dem Stammorgan, dem sie entsprungen, ansitzt, zeigt sich, dass Querschnitte — auch wenn schon völlig entwickelte Wurzeln Verwendung finden — noch ein normales, dem dicotylen Typus entsprechendes Gesammtbild liefern. Wir finden eine einheitliche Cambiumzone, die nach innen Elemente des Gefäss-, nach aussen solche des Siebtheils erzeugt.

Anders wird das, wenn man tiefer in die Wurzel hineingeht. Geeignete Querschnitte lassen hier schon Unregelmässigkeiten in der Entwicklung des Cambiums wahrnehmen; dasselbe bleibt (man vergl. Fig. 4, Taf. XIV) an einzelnen Stellen in seiner Entwicklung zurück. Nähert man sich etwa der Mitte des Wurzelorgans, so trifft man endlich anatomische Bilder, wie sie in Fig. 5 u. 6, Taf. XIV Abbildung gefunden haben; hier sind die Partialkreise vorhanden.

Aehnlich nun wie die letzteren auftreten, verschwinden sie auch wieder. Successive Querschnitte nach der Wurzelspitze hin zeigen Auflösung der Einzelkreise; endlich, in der Nähe der jüngsten Theile der Wurzel, ist die normale dicotyle Cambiumzone wieder vorhanden.

Man kann also bis zu gewissem Grade die Entstehung der abnormen anatomischen Verhältnisse auch an der fertig gebildeten Wurzel von *Sedum Telephium* verfolgen. Successive Schnitte von der Wurzelspitze bis zur Mitte des Organs geben ähnliche anatomische Bilder, wie die Figuren 1 bis 6, Taf. XIV, welche letzteren nach Präparaten aus den mittleren, sich entwickelnden Wurzelpartieen gezeichnet worden sind.

Nicht alle Wurzeln von *Sedum Telephium* werden nun im ersten Jahr soweit gefördert, dass sie an ihren mittleren Partieen die vollständige Trennung des Cambiums und die Bildung der Partialkreise sehen lassen. Häufig bleiben die schwächeren der in grosser Menge an den betreffenden Stammorganen auftretenden Wurzeln auf einer verhältnissmässig frühen Entwicklungsstufe (ausgedrückt durch die eine oder andere der in Fig. 1—5, Taf. XIV gegebenen Zeichnungen) stehen, und erst im nächsten Jahre erfahren sie ihre weitere Ausbildung.

Bei den älteren Wurzeln von *Sedum Telephium*, welche in ihrer Mitte Trennung des Cambiums und Entstehung mehrerer Partialkreise sehen lassen, ist nicht immer die in Fig. 6, Taf. XIV gezeichnete Regelmässigkeit der Einzelkreise vorhanden. Nicht immer liegen solche in einer Ringzone und sind unter sich etwa von gleicher Grösse und regelmässigem Bau. Es können gerade hier sehr auffallende Unregelmässigkeiten zu Tage treten, deren verhältnissmässig einfachste noch in den ungleichmässigen Grössenverhältnissen der Partialkreise selbst besteht. Die einen der letzteren erscheinen dann klein, die anderen besitzen etwa die doppelte Grösse und verdanken diese der ungleichmässigen Spaltung der primären Cambialzone selbst. Diese gliederte sich in grössere und kleinere Stücke und letztere fanden durch Theilungen des Füllgewebes Ergänzungen in entsprechender Grösse.

Weitaus abweichender wird das anatomische Bild, wenn die Spaltung der primären Cambial-

zone nur einseitig erfolgte. Alsdann kann es vorkommen, dass auf der einen Seite der Gesammtwurzel Partialkreise zu liegen kommen, auf der andern dagegen sich noch das continuirliche bogenförmige Cambium vorfindet. Das letztere vermag alsdann, in ganz unregelmässiger Anordnung, in allen möglichen Biegungen jene Theile zu durchziehen. Die einen Partieen desselben sind dann häufig in der Nähe des Centrums der Wurzel zurückgeblieben, die andern laufen in Bogen und Wellenlinien nach der Peripherie derselben, um von da wieder auf ähnliche Weise sich nach dem Innern der Wurzel zu begeben. Endlich kommt es auch vor, dass die Cambiumzonen nicht blos auf der einen Seite des Wurzelorgans auf so unregelmässige Weise gestaltet sind, sondern dass das ganze Organ auf ähnliche Art von ihnen durchsetzt wird. Das ursprünglich kreisförmig angeordnete Cambium hat sich in diesem Fall vollständig ungleichmässig entwickelt, an einzelnen Stellen, nahe dem Centrum der Wurzel, sistirte es alsbald seine Theilungen, an anderen waren die letzteren um so intensiver und als Resultat jener Ungleichmässigkeit ergibt sich eine gänzlich abnorme Stellung desselben im Grundgewebe. Das Cambium findet sich alsdann, ohne dass eigentliche Partialkreise zu sehen wären, auf die willkürlichste Art in dem Gesammtorgan angeordnet, es läuft in wellenförmigen, sich kreuzenden, mit einander Verschlingungen bildenden Linien in dem Füllgewebe und ändert diese Anordnung an tiefer oder höher liegenden Stellen der Wurzel fortwährend[1]). Auf Querschnitten lassen sich dann schon mit unbewaffnetem Auge diese Unregelmässigkeiten wahrnehmen, die so eigenthümlich verlaufende Cambialzone ist deutlich zu erkennen.

Immerhin sind das mehr Ausnahmsfälle, gewöhnlich ändert sich die Cambialzone auf die angegebene Weise zu Partialkreisen von grösserer oder geringerer Gleichmässigkeit um.

Die angeschwollenen Wurzelorgane von *Sedum Telephium* scheinen kein dauerndes Längenwachsthum zu besitzen, dasselbe zeigt sich bei gewissem Grade der Ausbildung der Wurzel aufgehoben; das angeschwollene Organ läuft in eine sehr dünne, später sich aussen verkorkende fadenförmige Spitze aus. Dagegen entstehen die Wurzeln in um so grösserer Zahl an den betreffenden basalen Stammorganen, und wachsen, auf angegebene Art, längere Zeit in die Dicke.

Zartere Saugwurzeln finden sich verhältnissmässig wenige an den massigen Wurzeln vor. Jene dauern gewöhnlich nicht aus, sondern sterben früh ab, um in folgenden Vegetationsperioden durch neue ähnliche Gebilde ersetzt zu werden. Ferner erlangen auch nur einige Seitenwurzeln den Bau der Mutterwurzel. Es kommt zwar vor, dass Nebenwurzeln sich ebenfalls stark verdicken, doch sind solche nie in bedeutender Zahl an der Mutterwurzel vorhanden und fehlen oft ganz.

Wenden wir uns jetzt zu der über diese abnormen anatomischen Verhältnisse der Wurzel von *Sedum Telephium* vorliegenden Literatur.

[1]) Diese Unregelmässigkeiten sind bereits von Wydler, Flora 1860, pag. 378 beobachtet und beschrieben worden. Der Autor sagt von den Wurzeln von *Sedum purpurascens:*

»Auf Querschnitten zeigen die Knollen buchtige Zeichnungen, die Cambium-Zone, welche beide um so stärker hervortreten, als die Knollen älter und dicker sind. Die Zeichnungen verschiedener Knollen, ja selbst einer und derselben, zeigen übrigens manche Verschiedenheiten, so dass eine Regel nicht aufzufinden ist«.

A. Henry[1]) scheint der Erste gewesen zu sein, der die knolligen Wurzeln untersucht hat. Gelegentlich der Betrachtung des anatomischen Baues der Orchideenknollen weist der genannte Autor auf die stark verdickten Wurzeln von *Sedum Telephium* hin, bei welchen „der aus Holzzellen und Gefässbündeln bestehende, das Mark einschliessende Ring sich auflöse und in vereinzelten Ringen den Körper der knolligen Wurzelzaser durchziehe".

Aehnliche Mittheilungen liegen von Irmisch[2]) vor. Derselbe untersuchte gelegentlich seiner morphologischen Arbeit über *Sedum maximum* auch die Wurzelorgane und fand, dass, während an den ältesten, den Stammpartieen ansitzenden Theilen derselben mehr die normale Anordnung der Gefässbündel wie des Cambialringes vorhanden ist, der letztere an tiefer liegenden Stellen der Wurzel dagegen faltig wird und zwischen die einzelnen Gefässbündel eindringt, endlich sich „in einzelne kleine Ringe auflöst, von denen jeder, völlig getrennt von dem andern, je ein Gefässbündel umschliesst" [3]). Die Zahl dieser isolirten Ringe schwankt nach Irmisch zwischen zwei und sechs, ferner bleiben sie entweder auf langen Strecken getrennt, oder aber sie verschmelzen wieder seitlich zu einem grossen Ringe. Endlich können unregelmässige Zeichnungen auch an Querschnitten dadurch entstehen, dass die Enden der einzelnen Cambialkreise nicht mit einander verbunden sind.

Die Cambialkreise wachsen jährlich weiter und legen ganz wie bei anderen dicotylen Gewächsen neue Gefässbündel an. Vollständig isolirt werden dieselben nicht, da das sie umgebende Parenchym gesund erhalten bleibt.

Erwähnenswerth erscheint endlich noch, dass die rübenförmig angeschwollene Hauptwurzel der Keimpflanze keine Partialkreise, sondern mehr den normalen Bau sehen lässt.

Begleitet ist die Arbeit von Irmisch von Zeichnungen[4]), welche in kaum nennenswerther Vergrösserung die Verhältnisse etwa so geben, wie sie sich dem unbewaffneten Auge bieten. Es ist bereits erwähnt worden, dass für die erste Orientirung auch ohne Anwendung des Mikroskopes sich hier die Anordnung des Cambiums wahrnehmen lässt.

Später behandelt Henry[5]) in einem ausführlicheren Aufsatze, dem zwei Tafeln beigegeben sind, die Anatomie der Wurzelorgane von *Sedum Telephium*. Aehnlich den erwähnten Zeichnungen von Irmisch finden sich hier eine Anzahl Abbildungen[6]), die, ohne wesentlich Neues zu bieten, für die erste Orientirung Verwendung finden können. Henry erwähnt ferner, übereinstimmend mit Irmisch, dass an dem oberen Theil der Wurzel ein mehr normales anatomisches Gesammtbild vor-

[1]) A. Henry. Ueber Knospen mit knolliger Basis. Verhandlungen des naturhistorischen Vereins für die Rheinlande und Westphalen, 1850.

[2]) Irmisch. Einige Bemerkungen über *Sedum maximum*. Botanische Zeitung 1855. Kurze Notizen, im Allgemeinen übereinstimmend mit den Angaben von Henry und Irmisch, wurden auch von Schimper, Flora, botanische Zeitung 1854, pag. 77 gegeben.

[3]) a. a. O. pag. 253.

[4]) a. a. O. Taf. II, Fig. 8—17.

[5]) Henry. Ueber die Bildung der Wurzelzasern von *Sedum Telephium*, *maximum* und *Fabaria*. Verhandlungen des naturhistorischen Vereins für die Rheinlande und Westphalen. XVII. Jahrgang.

[6]) a. a. O. Taf. I, Fig. 2, 4, 12 und 14.

handen ist, an allen den Stellen, an welchen die knolligen Verdickungen stattfinden, eine Aenderung in der Art stattfindet, dass der „Holzring“ sich aufzulösen beginnt, Lücken entstehen, „so dass nunmehr eine Verbindung des Markes mit der Zellgewebsmasse zwischen Rinde und Holzring eintritt [1]).“

Der Verfasser fährt ferner fort:

„Dieses ist auch bald erreicht, wie wir aus einem Durchschnitt, der etwas tiefer genommen ist, entnehmen können; es haben sich nämlich die einzelnen Stücke des grossen Holzringes, jedes Stück für sich, zu einem Einzelringe zusammengefügt. Wo früher nur ein Holzring vorhanden war, der vom Bast, wie wir die Zellgewebsmasse benannt haben, umgeben war und seinerseits eine Markmasse umschloss, da sehen wir nunmehr Bast und Mark zusammenfliessen und 2, 3—6 Holzringe diese lockere amylumreiche Zellgewebsmasse durchziehen. Jeder einzelne Holzring umschliesst einen Theil dieser Zellenmasse, welchen Theil wir nunmehr als das Mark des einzelnen Holzringes betrachten dürfen.“

Störend wirkt bei dieser Beschreibung die Bezeichnung „Holzring.“ Henry scheint diese aus der Stammanatomie herübergenommen zu haben, sie dürfte, wie dies Irmisch bereits that, besser durch „Cambialring“ zu ersetzen sein, denn von einem eigentlichen Holzkörper lässt sich in der Wurzel von *Sedum Telephium* nichts wahrnehmen. Ueberhaupt treten bei Henry in Bezug auf anatomische Verhältnisse verschiedene Unsicherheiten zu Tage. Die Abbildung Fig. 9, Taf. II, welche den Querschnitt durch eine Wurzel von *Sedum Telephium* in der Art darstellt, dass ein Theil der Gesammtrinde mit einem Partialkreis auf ihr erscheint, trägt entschieden unrichtige Bezeichnungen. Die durch *a* gekennzeichnete peripherische Schicht, von Henry mit Rinde bezeichnet, ist deutlich Kork, die eigentliche ziemlich starke Rinde *b* nennt Henry Cambialschicht, der Partialkreis *c* endlich wird von ihm als Holzring angeredet, obgleich hier, soweit die Deutlichkeit der Zeichnung es gestattet, von Holzzellen nichts zu sehen ist. Dasselbe gilt von den Zeichnungen 10 und 11; endlich lassen alle die Abbildungen Henry's, welche bei stärkerer Vergrösserung des Objectes gezeichnet wurden, nach heutigen Begriffen in Bezug auf Deutlichkeit und Schärfe der Ausführung Vieles zu wünschen übrig.

Besser erscheinen die morphologischen Habitusbilder der büschelförmig an den basalen Stammtheilen haftenden Wurzelorgane [2]), sowie die bereits erwähnten, bei kaum nennenswerther Vergrösserung gezeichneten Querschnitte durch die Wurzel. Vorzugsweise den letzteren hat es Henry auch zu danken, dass seine Schilderung der anatomischen Verhältnisse, soweit sie sich auf die so eigenthümliche Spaltung der Cambialzone und die Bildung von Einzelkreisen bezieht, als eine im Allgemeinen zutreffende bezeichnet werden kann.

Mit Irmisch stimmt, wie wir gesehen haben, Henry in seinen Mittheilungen ziemlich überein; es ist hervorzuheben, dass beide vorzugsweise die bereits entwickelten Wurzeln untersucht und weniger die Entwicklungsgeschichte der jungen Wurzel studirt haben. Wenn nun auch an älteren der-

[1]) a. a. O. pag. 4 des Separatabdruckes.

[2]) Fig. 1, 5, 6, Taf. I.

artigen Gebilden die Prüfung successiver Querschnitte von der Wurzelspitze zur Mitte des Organs zeigt, dass hier ähnliche Verhältnisse wie bei der sich aus den ersten Anfangsstadien entwickelnden Wurzel obwalten, dass hier wie da auf ähnliche Art die Theilung der Cambialzone, die Bildung der Partialkreise zu Stande kommt, so liegt doch dabei die Gefahr nahe, gerade diejenigen Anfangsstadien der Wurzelentwicklung zu übersehen, die jene abnorm gebauten Organe mit normalen ähnlichen Gebilden gemein haben. Von beiden Autoren sind in der That die von den Partialkreisen nach dem Centrum des Wurzelorgans führenden primären Gefässreihen nicht wahrgenommen worden, welche, in jüngeren Entwicklungsstadien deutlich sichtbar, bei den einmal bis zu gewissem Grade entwickelten Wurzeln, in Folge der Grössenzunahme der sie umgebenden scheinbaren Markzellen, allerdings nur schwer bemerkt werden können.

Man war nach den Angaben von Henry und Irmisch leicht versucht, auch früh schon auf eine abnorme Anlage des Gefässsystems der in späteren Zuständen so eigenthümlich gebauten Wurzelorgane von *Sedum Telephium* zu schliessen, die genauere Untersuchung zeigt, dass hier die Jugendzustände nicht von denjenigen anderer dicotyler Wurzeln abweichen, dass erst später durch das eigenthümliche Verhalten des Cambiums der abweichende anatomische Bau zu Stande gebracht wird. Jedenfalls gebührt beiden genannten Autoren das Verdienst, in eingehender, für die späteren Entwicklungszustände im Allgemeinen richtiger Weise auf den von dem dicotylen Typus so wesentlich abweichenden Bau der Wurzeln von *Sedum Telephium* aufmerksam gemacht zu haben, und es erscheint bei der Häufigkeit der Pflanze, fast schwer erklärlich, dass sich zur ausführlichen, besonders entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung seither kein Bearbeiter gefunden hat.

Im Wesentlichen ist die in diesem Kapitel gegebene Entwicklungsgeschichte der Wurzel von *Sedum Telephium* die folgende:

In ganz frühen Stadien entstehen in dem centralen Procambiumstrang der Wurzel, gewöhnlich in drei Reihen strahlenförmig angeordnet, die Gefässzellen. Sie sind nur in geringer Anzahl vorhanden; noch ehe sie völlig ausgebildet sind, erscheint peripherisch eine cambiale Zone, die ein sehr rapides Dickenwachsthum des betreffenden Organes einleitet und zunächst nur wenige Gefässelemente den bereits vorhandenen anreiht. Die interfascicular gestellten Zellen, die theils dem Procambium, theils dem Cambium selbst ihr Entstehen verdanken, erlangen inzwischen eine markähnliche Beschaffenheit und zerren dadurch die wenigen vorhandenen Gefässe noch mehr auseinander. Letztere werden in radialer Richtung weit von einander getrennt und sind in späteren Stadien leicht zu übersehen; das ganze centrale Gewebe stellt sich dann, flüchtig betrachtet, als homogenes Markgewebe dar. Endlich nach schon erlangtem, ziemlich bedeutendem Dickenwachsthum findet in radialem Anschluss an die vorhandenen primären Gefässstrahlen die Bildung grösserer Gefässgruppen statt, erst diese sind von Henry und Irmisch beobachtet worden.

Mit der Zeit wird die cambiale Thätigkeit unregelmässig, einzelne Stellen des Cambiums bleiben zurück, es treten Spaltungen des Cambialringes ein, einzelne in einer Ringzone liegende Cambialbogen sind bemerkbar und diese ergänzen sich durch secundär nach dem Centrum des Stammes hin auftretende meristematische Zonen zu Partialkreisen von grösserer oder geringerer Regelmässig-

keit und Grösse. Letztere wachsen selbstständig weiter und zwar auf ähnliche Art wie der einheitliche Cambialring der dicotylen Gewächse.

Dem Ausdehnungsbestreben des centralen Cambiums, später den Partialkreisen, folgt das peripherische Rindengewebe, das ursprünglich in starker Schicht seine Anlage gefunden hat, anfangs durch Volumzunahme seiner Zellen, später durch Verschiebung seiner Zellelemente unter Bildung grösserer intercellularer Luftlücken nach. Dieses Gewebe liegt alsdann als lose, dehnbare Partie über dem sich verdickenden Centralkörper der Wurzel und nimmt gemäss dessen Verdickung an Stärke ab. Bei dem auch in centripetaler Richtung erfolgenden Wachsthum der Partialringe wird, ähnlich dem peripherischen Gewebe, auch das scheinbare Mark, dessen Zellgefüge ebenfalls ein loses ist, in ähnlicher Weise verschoben.

Der oben geschilderte Wurzelbau gilt besonders für diejenigen Stellen, welche besonders stark verdicken, also die mittleren Partieen. Die Ansatzstelle an dem Stamm, ebenso die Wurzelspitze zeigt mehr die normalen, dem dicotylen Typus entsprechenden Verhältnisse.

Die Wurzelorgane sitzen den mehr oder weniger, niemals aber stark verdickten basalen Stammpartieen an. Während bei den rasenbildenden Sedum-Arten der oberirdisch kriechende Stamm in seiner Ausbildung begünstigt wurde, in ihm Reservestoffe in beträchtlicher Menge niedergelegt werden konnten, während andererseits bei dem morphologisch verschieden entwickelten *Sedum Aïzoon* die Ausbildung des unterirdischen Rhizoms qualitativ überwog, das letztere hier als Reservestoffbehälter fungirte und demgemäss stark verdickt wurde, treten bei *Sedum Telephium* die in grosser Menge entstehenden, rübenförmig anschwellenden Wurzelorgane in den Vordergrund, in ihnen wird ein namhaftes Reservestoffmaterial deponirt. Demgemäss tritt die Entwicklung der Stammorgane auch zurück, sie fungiren als Träger und Erzeuger der Wurzeln, anderntheils finden an ihnen die Knospen Anlage und Entwicklung, welche alljährlich zu vegetativen Zwecken über die Erde gesandt werden.

Die letztgenannten Knospen stehen an den basalen Theilen der fertilen wie sterilen oberirdischen Sprossen. Mit ihrer Ausbildung geht alsdann gewöhnlich die Anlage der Wurzelorgane Hand in Hand, und, während die aus diesen Sprossen entwickelten Stammpartieen am Ende der nächsten Vegetationsperiode eingehen, nachdem sie an ihren basalen Theilen wieder neue Knospen für das nächste Jahr angelegt haben, bilden sich an den, nunmehr älteren Partieen, an welchen nur in selteneren Fällen zurückgebliebene Knospen Entwicklung finden, die bereits vorhandenen Wurzeln weiter aus. So bedecken sie in grosser Menge das unterirdische Rhizom, es werden ferner an ihm noch neue derartige Organe in den ersten Jahren angelegt.

Die ältesten Rhizome sterben sammt ihren Wurzeln ab und isoliren die ansitzenden Axentheile wie deren Wurzeln.

Ueber den anatomischen Bau des Stammes, resp. des unterirdischen Rhizoms, ist verhältnissmässig wenig hier zu erwähnen. Das letztere zeigt sich, abgesehen von dem Grade der Ausbildung selbst, als im Wesentlichen übereinstimmend mit dem analogen Organ von *Sedum Aïzoon.* Eine Verstärkung durch die Anlage von Holzringen respective Zonen findet im Allgemeinen nicht

statt, nur an denjenigen basalen Stammpartieen, an welchen die oberirdischen Sprosse ansassen, finden sich die von diesen ausgehenden, im Rhizom bald schwindenden mehr oder weniger vollkommenen Holzreste vor.

Die oberirdischen Stammtheile besitzen dagegen stets einen vollständigen Holzring, der nicht ausschliesslich aus Holzzellen, sondern auch aus Gefäss- und ähnlichen Elementen besteht. Die letzteren liegen zerstreut in jenen eingebettet.

IX. Rückblick.

Nachdem in den vorstehenden Kapiteln, anschliessend an die morphologischen Verhältnisse, der Bau und die Entwicklung des Stammes und der Wurzel von einzelnen typischen Repräsentanten der Gattung *Sedum* eingehend besprochen worden ist, bleibt uns jetzt noch übrig, das Wesentlichste des dort Gegebenen einer vergleichenden Betrachtung zu unterwerfen.

Für die rasenbildenden Sedum-Species mit im Allgemeinen ausdauernden oberirdischen Stammorganen — *Sedum spurium, album, rupestre* und *anopetalum* — dürfte zunächst Folgendes anzuführen sein.

Der oberirdische Stammapparat bildet ein Geflecht von zum Theil kriechenden, zum Theil aufrecht stehenden Sprossen. Es liegen dem Boden an die älteren Stammtheile, es erheben sich von demselben die jüngeren sterilen und fertilen Stämmchen. Die Sprosse halten soweit sie nicht fertiler Natur, eine bestimmte Wachsthumsrichtung ein, die von ihnen am Vegetationspunkt angelegten Knospen wachsen in den nächsten Jahren zu fertilen oder sterilen Bildungen aus; die blüthetragenden Zweige dagegen sterben nach Erfüllung ihrer physiologischen Functionen, je nach den Arten, mehr oder minder tief nach dem Stammapparat hin ab. Immer bleibt von der Mutteraxe aus noch ein Stück von ihnen erhalten, dessen basale Knospen sich in den nächsten Jahren zu entwickeln vermögen. Der fertile Spross schliesst somit seine Wachsthumsrichtung bald ab, die basalen Knospen wachsen seitlich in einer neuen Richtung weiter. Durch die sterilen Bildungen, die sich unter Umständen später ebenfalls fertil zu entwickeln vermögen, wird also vorzugsweise das Rhizom quantitativ vermehrt, in vermindertem Masse geschieht dies seitens der Basalsprosse der fertilen, absterbenden Zweige, die an dem kurzen Endstück des Stammes ja nur in geringer Menge vorhanden zu sein pflegen.

Am kräftigsten entwickeln sich die fertilen Stammtheile, sie müssen äusseren Einflüssen den grösseren Widerstand entgegensetzen. Demgemäss wird in ihnen ein hier massiver, lediglich aus mechanischen Elementen zusammengesetzter, intracambialer Libriformring[1]) erzeugt, der die kreisförmig angeordneten Mestomstränge deckt. Dieser Ring bleibt nicht erhalten, er läuft an den basalen Stellen

[1]) Man vergl. Schwendener. Das mechanische Princip, pag. 148.

der fertilen Zweige in ein oder mehrere sichelförmige Holzstücke aus, je nach den Arten sich längere oder kürzere Zeit erhaltend. Bei *Sedum spurium* schwinden gewöhnlich die mechanischen Elemente, bevor der fertile Spross seine Mutteraxe erreicht, bei *Sedum album*, noch mehr bei *Sedum rupestre* greift die Holzbildung bis in die Mutteraxe hinein.

Die schwächer entwickelten sterilen Sprosse entbehren im Allgemeinen der mechanischen Elemente vollständig, dasselbe gilt von dem der Erde anliegenden älteren Rhizom, das ja zum grossen Theil aus ihnen entstanden ist. Hier werden die primären Mestomstränge jährlich weiter gebildet, und zwar geschieht dies gewöhnlich in einer Art, die ein mehr oder minder unsymmetrisches anatomisches Gesammtbild zur Folge hat. Aeltere Rhizomtheile von *Sedum spurium* schliessen von ihren vier Gefässsträngen zwei von einer Weiterentwicklung aus, die übrig gebliebenen zwei opponirten Stränge dagegen werden jährlich seitens des Cambiums durch entsprechende Zellformen verstärkt. Diese eigenthümliche Verdickungsweise scheint ihren Grund in der ungleichmässigen Entwicklung der der betreffenden Axe ansitzenden Seitenknospen zu haben, welche hier im Grossen und Ganzen nur in einer zur Bodenfläche parallelen Ebene auszutreiben pflegen. Diese mehr gegenständige Stellung seitlicher Glieder dürfte für die Festigkeitsverhältnisse der dem Boden anliegenden Mutteraxe von Vortheil sein.

Bei *Sedum album* sowohl wie *rupestre* verliert dieses Verhältniss an Klarheit. Zwar bleiben auch hier von den primären Gefässgruppen einige in ihrer Entwicklung zurück, sie alterniren aber gewöhnlich mit fortbildungsfähigen Gefässsträngen, so dass Querschnitte der betreffenden Stammtheile kein allzu unregelmässiges anatomisches Gesammtbild abgeben. Die diesen Axentheilen ansitzenden Knospen werden demgemäss mehr im Gesammtumfang der betreffenden Organe entwickelt, und es scheint dieses Stellungsverhältniss in Folge der hier vorhandenen mechanischen Elemente für jene weniger schädlich zu sein. Es ist bereits erwähnt worden, dass bei den letztgenannten Arten der Libriformring, mehr oder weniger vollständig erhalten, von dem fertilen Spross in die Mutteraxe eingreift. Da dem Gesammtrhizom derartige Zweige ansitzen oder ansassen, so finden sich auch in ihm, gewisse Strecken entlang, sichelförmige Holzstücke vor, sein Bau ist massiver als derjenige analoger Organe von *Sedum spurium*.

Von den absterbenden fertilen Zweigen ausgehend, treten häufig in den basalen Stammstücken Krankheitserscheinungen auf, die vorzugsweise die mechanischen Zellformen in Mitleidenschaft ziehen. Das diese umgebende Gewebe schützt sich durch Korkbildungen, die mehr oder minder vollkommenen Holzpartieen jener Theile werden auch streckenweise durch Kork eingehüllt.

Etwas Aehnliches findet gelegentlich des langsamen Absterbens älterer Rhizompartieen statt. Auch hier begegnen wir häufig centralen Korkbildungen. Ausführlich wurden diese Verhältnisse an *Sedum spurium* und *Aïzoon* (man vergl. Taf. III, IV u. XIII) studirt.

Durch die genannten Korkbildungen, sowie die mehr oder minder vollkommenen sichelförmigen Holzstücke, die gegenüber den primären Gefässsträngen verschieden orientirt sein können, gewinnen die basalen Stammstücke abgestorbener steriler Sprosse ein gewisses Interesse. Bei der weiteren Verdickung dieser Theile, welche ja ebenfalls, wenn auch gewöhnlich nur wenige Seitenknospen aus-

bilden, wird das Interesse noch gesteigert. Bei *Sedum spurium* — hier erhalten derartige Stammstücke gewöhnlich nur sichelförmige Holzzonen — kann in späteren Jahren, ausgehend von ansitzenden fertilen Bildungen, ein weiteres Holzsegment seine Anlage finden. Anatomisch abweichende Bilder, wie sie die Fig. 4 u. 5, Taf. V u. Fig. 1 u. 2, Taf. VI ausdrücken, sind Folge hiervon. *Sedum rupestre* dagegen, dessen Basalpartieen fertiler Sprosse ihren Libriformring noch längere Zeit behalten und Theile desselben bis in die Mutteraxe gelangen lassen, zeigt hier noch abweichenderen anatomischen Bau. Wie Fig. 1, Taf. X lehrt, können alsdann innerhalb eines parenchymatischen, von radialen Gefässstrahlen durchsetzten Grundgewebes zwei massive Holzringe eingebettet liegen, deren Entstehung sich aus dem bereits Gesagten erklären lässt. Die Holzcylinder lösen sich in der Nähe der Stelle, wo der betreffende Spross der Mutteraxe ansitzt auf, und in letzterer selbst finden wir (man vergl. Fig. 1, 2, 3, Taf. XI) auf gewisse Strecken nur Bruchstücke von ihnen vor.

Sedum album endlich gibt in Bezug auf diese Verhältnisse eine Art Uebergangsform zwischen *Sedum spurium* und *rupestre* ab.

Die oberirdischen Organe der rasenbildenden Sedum-Arten zeigen also einen den mechanischen Festigkeitsbedürfnissen angepassten anatomischen Bau. In Bezug auf Biegungsfestigkeit entsprechen die aufrecht stehenden fertilen Sprosse, durch die Anlage eines massiven Hohlcylinders aus mässig verdickten Libriformzellen den an sie zu stellenden mechanischen Anforderungen. Die basalen Theile dieser Organe, welche stellenweis noch dem Boden anliegen, verhalten sich, was ihre mechanischen Elemente anlangt, im Allgemeinen ähnlich wie das Gesammtrhizom. In einem Falle — *Sedum spurium* — sind hier bald schwindende Theilstücke des Holzkörpers vorhanden, in anderen — *Sedum album* und *rupestre* — wird die Festigkeit der Verbindung zwischen Tochter- und Mutterorgan dadurch erhöht, dass aus ersterem in letzteres noch mehr oder minder vollständige Stücke des Holzringes eindringen, um hier bald völlig zu verschwinden.

Geringere Festigkeit bedürfen diejenigen jüngeren Sprosse, welche zunächst nicht zur Blüthe- und Fruchtbildung, sondern mehr zur Vermehrung des kriechenden Rhizoms bestimmt sind. Ihnen fehlt jede Verstärkung durch mechanische Elemente. Im Allgemeinen lässt sich Aehnliches von dem aus ihm vorzugsweise entstehenden Rhizom aussprechen.

Das letztere ist allerdings um so mehr, als es gewöhnlich wenig oder gar nicht von Erde bedeckt wird, seitens der ihm anhaftenden aufrecht gestellten Seitensprosse Torsionen und Zerrungen ausgesetzt, gegenüber welchen eine gewisse Festigkeit gefordert wird. Bei *Sedum spurium* wird diese letztere durch passende Anordnung der Seitenzweige an dem Mutterorgan, anderntheils durch die zahlreichen, bei den kriechenden Stämmen vorhandenen Wurzelbildungen, welche jenes der Erde anheften, erzielt. Zu beidem kommt bei *Sedum album* und *rupestre* noch die Verstärkung, welche das Organ selbst durch das von den fertilen Sprossen ausgehende Eingreifen sichelförmiger Holzstücke erfährt.

Die Wurzelorgane, welche zahlreich dem Rhizom entspringen, sind im Allgemeinen nicht günstig für Zugfestigkeit gebaut. Die in Minderzahl vorhandenen, sich verdickenden Dauerwurzeln entbehren ebenso wie die in grosser Menge auftretenden jährlichen Saugwurzeln der mechanischen Elemente.

Indessen scheint die Menge die geringeren Festigkeitsverhältnisse der einzelnen Wurzeln bis zu gewissem Grade auszugleichen.

An die Gruppe der rasenbildenden Sedum-Arten wurde die morphologisch abweichende Species *Sedum populifolium* angereiht. Hier war der aufrechtstehende Stamm in Bezug auf Biegungsfestigkeit günstiger gebaut, als derjenige aller anderen von uns betrachteten Sedum-Arten. Das Grundgewebe mit seinen radial angeordneten Gefässgruppen (man vergl. Fig. 1—5, Taf. XII) trat zurück, in den ersten Jahren fand gewöhnlich die Anlage zweier dicht aufeinander gelegter Holzringe statt. In späteren Vegetationsperioden vervollständigte sich der mechanische Apparat der Stammtheile durch neue Holzsegmente ($Hzr_{3,4,5}$, Fig. 5, Taf. XII), während die älteren ähnlichen Lagen durch Korkzonen aus dem Gewebe ausgeschaltet wurden. Mechanisch wirksam sind diese Partieen, die nach ihrer Isolirung gewöhnlich auszutrocknen pflegen, immer noch bis zu gewissem Grade, und es erklärt sich hieraus das festere Gefüge und die aufrechte Haltung der oberirdischen Theile dieser Species.

Die Wurzelorgane von *Sedum populifolium,* welche in Folge des letztgenannten morphologischen Verhaltens der Stammtheile in Bezug auf Zugfestigkeit besser ausgerüstet sein müssen als ähnliche Organe der mehr kriechenden Sedum-Arten, legen fast durchgängig mechanische Zellformen an. Ein mehr oder minder vollständiger Holzring (*Hzr,* Fig. 6, Taf. XII) findet sich hier über den zerstreut angeordneten Gefässelementen fast immer vor.

In die zweite morphologische Gruppe wurde *Sedum Aïzoon* gestellt. Hier fällt der oberirdisch kriechende Stamm fort; und an seine Stelle tritt ein unterirdisches, quantitativ nicht so ausgebreitetes Rhizom. Das letztere besitzt dagegen die Eigenschaft, sich stark — bis zu mehreren Centimetern — zu verdicken. Wie bei den rasenbildenden Sedum-Arten die Gesammtmasse der kriechenden Stämme, so fungirt hier das sich stark verdickende ältere Rhizom als Reservestoffbehälter; ähnlich verhalten sich die ihm ansitzenden, sich mässig verdickenden Dauerwurzeln. Ist die Pflanze genügend erstarkt, so bildet sie die meisten der jährlich über die Erde gesandten Sprosse zu blüthetragenden Stämmchen aus. Nach Erfüllung ihrer physiologischen Function sterben sie bis zur Erde ab, und das von hier — also in der Erde — nach der Mutteraxe führende Reststück ist mit seinen basalen Knospen der Träger der im nächsten Frühling über die Erde zu sendenden Sprosse. Die letzteren verhalten sich im folgenden Jahr ähnlich wie ihre Mutteraxe, und während im Allgemeinen an den basalen Stücken fertiler Zweige die oberirdischen Sprosse des nächsten Jahres entwickelt werden, geht aus deren Mutteraxen das unterirdische, sich stark verdickende Rhizom hervor.

Sämmtliche oberirdische Organe — fertile wie sterile — sind mit einem Holzcylinder (Fig. 4, Taf. XI) versehen, der mit dem Eintritt der Stämme in den Boden sich auflöst und in strangartige Stücke verläuft. Die basalen, im Boden befindlichen Endstücke der einzelnen blüthetragenden Sprosse sind mechanisch ähnlich angestrengt, wie etwa die Wurzeln von *Sedum populifolium.* Es wirken an ihnen Zugkräfte, und demgemäss erhalten sie noch auf kurze Strecken (Fig. 1—3, Taf. XI) mechanische Zellformen.

Das ältere Rhizom selbst bedarf deren weniger. Es liegt ziemlich tief in der Erde und wird von ihr, wie von den ihm ansitzenden Wurzeln fest gehalten. Holzzellen finden sich in ihm —

abgesehen von den Stellen, welche früher oberirdischen Theilen angrenzten — nicht vor, die radial angeordneten Gefässgruppen werden ohne solche Zellformen weitergebildet.

Charakteristisch ist endlich — gegenüber anderen Sedum-Species — für die Rhizompartieen das langsame, von den ältesten Theilen ausgehende partielle Absterben. Centrale Gefäss- sowohl wie parenchymatische Gruppen werden (man vergl. Fig. 1 bis 6, Taf. XIII) jährlich durch Korkbildungen von dem peripherischen lebenden Gewebe abgeschnürt und gehen zu Grunde. Während jene nun eine borkige Beschaffenheit annehmen, verdickt das Cambium das betreffende Rhizom weiter, welches dann gewöhnlich noch viele Jahre fortlebt. Endlich sind die centralen Gewebeabschnürungen, zu welchen sich noch peripherisch, in der Rinde, Borkenbildung gesellt, so weit fortgeschritten, dass innerhalb eines mehrere Centimeter starken borkigen Rhizoms nur noch ein bandförmiges lebendes Gewebestück eingebettet liegt (Fig. 4, Taf. XIII). Diese gürtelförmige Zone löst sich später in einzelne Stränge (Fig. 5 u. 6, Taf. XIII) auf, endlich schwinden auch sie, das Rhizom ist dann völlig zu Grunde gegangen.

Die centrale Gewebeabschnürung, welche abgesehen von ihrer Ursache manche Aehnlichkeit mit derjenigen des Stammes von *Sedum populifolium* hat, ist in allen vieljährigen Rhizomen von *Sedum Aïzoon* zu beobachten. Verhältnissmässig jüngere derartige Theile lassen die Anfangsstadien, die ältesten Rhizome die vollständigere Gewebeabschnürung sehen.

Die sich mässig verdickenden Wurzelorgane entbehren der mechanischen Elemente, sie sind dem Rhizom ähnlich gebaut und zeigen ebenfalls eine radiale Anordnung der Gefässgruppen.

In die dritte und letzte morphologische Gruppe wurden die unter *Sedum Telephium* zusammengestellten Arten gebracht.

Hier begegnen wir ebenfalls einem, wenn auch nicht sehr tief liegenden, unterirdischen Rhizom, das im Gegensatz zu *Sedum Aïzoon* weder stark verdickt ist, noch eine lange Lebensdauer zu besitzen scheint. Um so mehr werden von einer Verdickung die zahlreich vorhandenen, rübenförmig anschwellenden Wurzeln betroffen, die hier vorzugsweise als Reservestoffbehälter zu bezeichnen sind. Sämmtliche oberirdische Stammtheile, die wie bei *Sedum Aïzoon* sich fast durchgängig zu blüthetragenden Zweigen entwickeln, sterben jährlich ab, ihre in der Erde befindlichen basalen Stücke sind ähnlich, wie bei der zuletzt betrachteten Sedum-Art, die Träger für die im nächsten Vegetationsjahr zu entwickelnden oberirdischen Sprosse. Die vorjährigen unterirdischen Stammtheile entwickeln dagegen den qualitativ bedeutenden Wurzelapparat.

Hinsichtlich des mechanischen Aufbaues der blüthetragenden Stämmchen kann im Allgemeinen auf das bei den analogen Organen von *Sedum Aïzoon* Gesagte verwiesen werden. Aehnlich verhält es sich mit deren Basalpartieen, die in Bezug auf Zugfestigkeit auf gewisse Strecken mit sichelförmigen Holzzonen ausgestattet sind. Auch das sich hier verhältnissmässig wenig stark verdickende Rhizom enthält ähnliche, von den oberirdischen Sprossen ausgehende mechanische Elemente. Holzstücke sind hier weit häufiger anzutreffen als bei den analogen Organen von *Sedum Aïzoon*.

In anatomischer Beziehung am interessantesten, ohne jede Annäherung an den Bau der Wurzeln

Bayerische Staatsbibliothek München

anderer Sedum-Arten, sind die an den älteren Rhizomtheilen in grosser Menge vorhandenen, rübenförmig angeschwollenen Wurzelorgane gebaut.

Die mittleren Partieen ausgewachsener Wurzeln zeigen nicht einen einzigen Cambialkreis, es finden sich deren mehrere, gewöhnlich in kreisförmiger Anordnung, vor. Ein jeder dieser Partialkreise besitzt, bis zu gewissem Grade, ein selbständiges Wachsthum.

Entwicklungsgeschichtlich sind derartige Einzelkreise (man vergl. Fig. 1 bis 6, Taf. XIV) aus einer ringförmig angeordneten Cambiumzone hervorgegangen, letztere theilte sich später ungleichmässig weiter, es entstanden Bogenstücke, die sich aus dem Grundgewebe zu Partialkreisen ergänzten.

Mechanisch wirksame Zellformen fehlen jenen Organen. Nie konnte ich die Anlage von Holzelementen wahrnehmen. In dieser Hinsicht verhalten sich die Wurzeln von *Sedum Telephium* wie diejenigen der Arten *spurium, album* und *rupestre.*

Es bleibt uns jetzt noch übrig in Bezug auf die rein anatomischen Verhältnisse der einschlägigen Literatur etwas näher zu treten.

In dieser Richtung liegen speciell über *Sedum* nur einige vereinzelte Bemerkungen vor. Dagegen sind systematisch nahe stehende Gattungen, z. B. *Sempervivum* in dieser Hinsicht von verschiedenen Autoren einer mehr oder minder eingehenden Betrachtung unterzogen worden.

Die ersten Angaben über Stammbau der *Crassulaceen,* speciell *Sempervivum canariense* und *urbicum* fand ich bei Corda[1]). Der Verfasser stellt hier Vergleiche zwischen *Lepidodendron* einerseits und den *Crassulaceen* andererseits an und kommt zu dem Schlusse, dass die letzteren hinsichtlich der Anatomie ihrer Stammorgane sich jenen nähern. Corda sagt hierüber[2]):

„Der Holzcylinder des *Lepidodendron Harcourtii* und des *Lomatofloyos crassicaule nob.* zeigt ganz analogen Bau, wie alle Holzcylinder der dicotylen Pflanzen, namentlich aber parenchymatöser Stämme wie *Euphorbiaceen, Cacteen, Crassulaceen* u. v. a.“

Seiner Abhandlung sind zwei Abbildungen (Taf. A, Fig. 5 u. 7) beigegeben, welche Querschnitte durch den Stamm von *Sempervivum canariense* und *urbicum* darstellen. Aus ihnen geht hervor, dass innerhalb eines parenchymatischen Grundgewebes ein Holzcylinder vorhanden ist, in welchen Gefässelemente eingestreut sind. Endlich lassen sich die primären Gefässgruppen, welche dem Markgewebe anstossen, hier noch erkennen.

Das anatomische Bild ähnelt Querschnitten durch die oberirdischen Stämme von *Sedum Aïzoon* und *Telephium;* in deren Holzcylinder sind Gefässgruppen, wenn auch nicht in so reichlicher Menge, wie das bei *Sempervivum canariense* und *urbicum* der Fall ist, vorhanden.

Weitere Auskunft erhalten wir durch Brongniart[3]). Aus ähnlichen Gründen und in Bezug auf die Corda'schen Angaben untersuchte der Verfasser auch die anatomischen Verhältnisse der *Crassulaceen* und stellt für den Holzcylinder von *Sempervivum* folgende Sätze auf[4]):

[1]) Corda; in Sternberg, Flora der Vorwelt. Anhang.

[2]) a. a. O. pag. LXII.

[3]) *Observations sur la structure intérieure du Sigillaria elegans, comparée à celle des Lepidodendron et des Stigmaria etc. Archives du Muséum d'histoire naturelle. 1839, T. I.*

[4]) a. a. O. pag. 438.

„Cylindre composé de deux tissus, utricules ligneuses ponctuées, et vaisseaux réticulés ou annulaires;

Utricules ligneuses disposées en séries rayonnantes;

Toutes d'une grosseur uniforme ou les plus petites à l'intérieur;

Sans rayons médullaires, mais offrant des écartements pour le passage des faisceaux vasculaires des feuilles.“

Diese Angaben Brongniart's sind übereinstimmend mit denjenigen Corda's. Der Holzkörper von *Sempervivum* besteht histologisch aus porösen Holzzellen und Gefässelementen; als neues Moment kommt das Fehlen der Markstrahlen in Betracht. Der Holzring ist geschlossen und enthält nur Oeffnungen an den Stellen, wo Gefässbündel in die Blätter einbiegen. Verhältnisse, die, wie wir gesehen haben, auch für die von uns betrachteten Sedum-Arten bis zu gewissem Grade massgebend sind.

Ferner bemerkt Brongniart über die ersten Gefässgruppen in Stämmen von *Sempervivum* noch Folgendes[1]):

„Ce cylindre ligneux présente à son côté intérieur, immédiatement autour de la moëlle, de petits faisceaux de trachées et des vaisseaux annulaires.“

Ausführlichere Angaben über die anatomischen Verhältnisse der *Crassulaceen,* hier auch speciell über *Sedum,* finden sich bei Regnault[2]) vor. Nach dessen Mittheilungen[3]) treffen wir in dem mehrjährigen Stamme von *Sempervivum arboreum* folgende Gewebearten:

„1° Un épiderme analogue à celui de la plupart des végétaux;

2° Une couche celluleuse externe, ou couche subéreuse;

3° Une couche celluleuse interne, ou couche herbacée, dont les éléments diffèrent totalement des précédents. Elle offre des utricules qui ont la forme des prismes un peu allongés, à parois assez épaisses, mais transparentes et molles, laissant souvent entre elles des espaces intercellulaires de forme et de grandeur variables. — En dedans de cette couche, rien ne rappelle les fibres libériennes de la plupart des végétaux;

4° Les cellules les plus internes de la couche herbacée s'aplatissent peu à peu, de manière à offrir un plus grand diamètre dans le sens de la circonférence de la tige; elles diminuent en même temps de grandeur, et forment ainsi le passage à la couche génératrice. Celle-ci est formée de deux zones plus ou mois distinctes, d'ordinaire très nettement séparées; l'externe est composée de cellules tout à fait analogues à celle de la couche herbacée, mais plus petites, assemblées régulièrement; l'interne est formée d'éléments plus réguliers, rectangulaires, à parois minces, disposées comme les fibres du bois lui-même par rangées rayonnantes. Sur une coupe longitudinale, on reconnaît que ces cellules s'allongent, que leurs extrémités tendent à s'effiler; ce sont des fibres ligneuses en voie de développement.“

1) a. a. O. pag. 437.

2) Regnault, *Recherches sur les affinités de structure des tiges des plantes du groupe des Cyclospermées. Annales des sciences naturelles. IV. Sér. T. XIV, 1860.*

3) a. a. O. pag. 88.

Unter 1° und 2° beschreibt somit Regnault die Epidermis und die äussere Korkschicht, ihnen schliesst sich (3°) die parenchymatische Rinde, welche keine Bastfasern enthält, an.

Der anatomische Bau von *Sempervivum arboreum* stimmt somit, was jene Gewebeschichten anlangt, mit demjenigen der von uns betrachteten Sedum-Arten überein.

Unter der Rinde (4°) finden wir, in Gruppen angeordnet, den Weichbast (äussere Zone Regnault's[1]) vor, dieser deckt die gleichmässig aufgelagerte, innere faserartige Zellschicht *(les fibres ligneuses en voie de développement).* Beide Zonen sind von Regnault unter *„la couche génératrice“* zusammengefasst. Es geht aus Text und Zeichnung[2]) hervor, dass ein Cambium — die Pflanze befand sich wahrscheinlich am Ende einer Vegetationsperiode — zur Zeit der Untersuchung nicht in Thätigkeit war. Direct unter den Weichbastgruppen lagen die zuletzt entstandenen, noch nicht vollständig ausgebildeten Elemente des Holzes, welche, obgleich sie histologisch bereits dem letzteren angehören, von Regnault der *„couche génératrice“* zugetheilt worden sind.

Ueber die Zusammensetzung des Holzkörpers selbst erfahren wir Folgendes:

„5° Ce bois est formé de fibres ligneuses serrées les unes contre les autres, formant un tout continu, sans interposition de rayons médullaires. On n'y trouve point parmi elles de vaisseaux isolés, comme dans les autres végétaux. Ces fibres offrent des parois épaisses, couvertes de ponctuations irrégulièrement disposées.

Au milieu du système ligneux . . se montrent des zones plus claires, disposées de manière à occuper une partie plus ou moins considérable de la circonférence, sans pourtant l'occuper jamais tout entière. Ces zones sont disposées concentriquement dans le bois; le nombre de ces couches concentriques varie, et augmente naturellement avec l'âge du végétal.“

Der Holzkörper von *Sempervivum arboreum* besteht somit aus einem Ring faserartiger, porös verdickter Holzzellen. In ihnen eingebettet finden wir Zonen, welche, der eingehenderen Beschreibung nach[3]), aus Gefässelementen und diese verbindenden, gestreckten, dünnwandigen Zellformen bestehen.

Ueber die primären Gefässgruppen und das Markgewebe sagt Regnault:

„6° A la partie interne du bois, on voit de distance en distance, autour de la moëlle, des faisceaux vasculaires.

7° La moëlle n'offre absolument rien à noter.“

Dem Texte sind vier Abbildungen[4]) beigegeben, deren beide ersten in schwacher Vergrösserung und mehr schematisch gezeichnet sind. Fig. 1 gibt den Querschnitt durch den jungen Stamm von *Sempervivum arboreum.* In dessen Grundgewebe finden wir 18 Gefässbündel in kreisförmiger Anordnung eingebettet. Die Bündel sind noch isolirt, ein interfasciculares Cambium ist noch nicht aufgetreten.

In Fig. 2 wurde im Querschnitt ein älterer Stamm derselben Pflanze abgebildet. Hier zeigt sich bereits ein geschlossener Holzring, dessen Einzelnheiten in Fig. 3, welche letztere ausführlicher und in weitaus stärkerer Vergrösserung gezeichnet erscheint, ihren Ausdruck finden. Die Structur

[1]) a. a. O. pag. 89. — [2]) Fig. 2 u. 3, Taf. IV. — [3]) pag. 90. — [4]) Taf. IV, Fig. 1—4.

des Holzkörpers, die Anordnung der in ihm vorhandenen Gefässelemente tritt hier scharf hervor. Letztere Partieen sind endlich in Fig. 4 im Längsschnitt gegeben.

„*Toutes les Crassulacées* — fährt Regnault[1]) fort — *sont conformées sur ce type, avec quelques légères modifications qu'il importe de passer en revue.*"

Zu den abweichenden Formen gehören *Rochea falcata, Sedum deltoideum* und *Sempervivum Haworthii*. Die anatomischen Verschiedenheiten treffen hier vorzugsweise den Holzkörper der Stammorgane. In ihm finden sich die Gefäss- und parenchymatischen Elemente nicht wie bei *Sempervivum arboreum* in Gestalt grösserer concentrischer Zonen vor, sondern sie sind in zahlreichen, kleinen, zerstreut gestellten Gruppen in den Holzring eingebettet.

Vergleichen wir in anatomischer Beziehung die in früheren Kapiteln dieser Arbeit niedergelegten Resultate über den Stammbau der verschiedenen Sedum-Arten mit dem von Regnault über analoge Organe der *Crassulaceen* Gesagten, so ergibt sich vorzugsweise für Mark und Rindengewebe — wenn man von der variirenden Zahl der Stränge absieht auch für die primären Gefässgruppen — bei den genannten Gattungen eine ziemlich genaue Uebereinstimmung. Wesentliche Verschiedenheiten treffen wir, in Bezug auf Bau und Weiterentwicklung, nur am Holzkörper der Stammorgane.

Bei *Sedum spurium, album* und *rupestre* war der Holzring lediglich aus Holzzellen zusammengesetzt, bei den Arten *Aïzoon, Telephium* und *populifolium* fanden wir in ihm wenige, kleine, in radialer Anordnung zu den primären Gefässgruppen gestellte Gefäss- und mehr parenchymatische Elemente vor. Die letzteren Formen erscheinen nun in grösserer Zahl und zwar bei *Sempervivum arboreum* in sichelförmigen Zonen, bei *Rochea falcata, Sempervivum Haworthii etc.* in kleinen Gruppen, in beiden Fällen aber unregelmässig und ohne sichtlich radiale Anordnung in den Holzring eingelagert.

Weitere Verschiedenheiten ergaben sich in Bezug auf die Weiterentwicklung des Holzes. Die Zeichnungen Regnault's und dessen Aeusserung[2]):

„*Le nombre de ces couches concentriques* (Gefässelemente des Holzes bei *Sempervivum arboreum*) *varie, et augmente naturellement avec l'âge du végétal*" deuten auf eine continuirliche Weiterentwicklung des Holzringes hin, die in dieser Form bei den Sedum-Arten nicht vorhanden ist.

Bei *Sedum spurium, album, rupestre* wird der Holzring, seitens des Cambiums, nicht durch histologisch gleichartige Elemente vermehrt; wo eine Verdickung des betreffenden Organs überhaupt angezeigt erscheint, lässt dasselbe Gefäss- und parenchymatische Zellformen in quantitativ bedeutender Menge und in bestimmter radialer Anordnung entstehen. Erst in späteren Jahren kann ein dem erstentstandenen Holzkörper histologisch ähnliches Gebilde seine Anlage finden. Das Cambium erzeugt in verschiedenen Jahren verschiedene, regelmässig angeordnete Zellformen; innerhalb eines von Gefässstrahlen radial durchsetzten parenchymatischen Gewebes können, in grösserem Abstand von einander[3]), sich zwei regelmässig ausgebildete, lediglich aus Holzzellen bestehende Holzringe vorfinden.

Für die Arten *Aïzoon* und *Telephium* gilt Aehnliches, nur treffen wir hier, innerhalb des Holzkörpers, quantitativ wenige, in der Richtung der Gefässstrahlen angeordnete Gefässgruppen an.

[1]) a. a. O. pag. 91. — [2]) pag. 90. — [3]) Man vergl. Fig. 1, Taf. X.

Eine gewisse Annäherung an den Verdickungsmodus von *Sempervivum arboreum* macht sich bei *Sedum populifolium* geltend. Hier werden Holzringe, in späteren Jahren Holzsegmente, in weitaus grösserer Zahl erzeugt, mit deren Bildung die zwischen den einzelnen Zonen liegenden Gefäss- und parenchymatischen Elemente zurücktreten. Das Cambium lässt beide in annähernd gleicher Menge entstehen, und damit erhält der Holzkörper[1]) jener Species ein mehr einheitliches Gepräge, er ähnelt bis zu gewissem Grade demjenigen von *Sempervivum arboreum.* Bei letztgenannter Gattung ist nur, gegenüber *Sedum populifolium,* eine unregelmässigere Anordnung der Gefässzonen des Holzes gegenüber den primären Gefässsträngen vorhanden.

Bei der Vergleichung der anatomischen Verhältnisse der Stammorgane der Gattung *Sedum* und *Sempervivum* sind diejenigen Differenzen, welche sich aus der Verschiedenheit des Baues fertiler, gegenüber sterilen Sprossen, sowie dem kriechenden Rhizom ergeben, ausser Acht gelassen. Es konnten, da von Regnault keine genügenden Angaben einer vergleichenden Untersuchung derartiger Stammtheile vorliegen, Schlüsse in dieser Richtung nicht gezogen werden.

Indessen scheint für das von Regnault untersuchte *Sedum oxypetalum* ein ähnliches Verhältniss vorzuliegen. Der genannte Autor vergleicht[2]) diese Species mit dem jugendlichen Stamme anderer Arten, in dem es zu einer Holzbildung noch nicht gekommen ist.

„. . . *on ne trouve point de bois véritable, mais seulement des faisceaux triangulaires, plus ou moins rapprochés les uns des autres, formant par leur réunion une sorte de cercle discontinu, car les faisceaux sont séparés entre eux par des espaces celluleux qui font communiquer la moëlle interne avec la couche herbacée.*“

Bei der ferneren Verdickung sollen hier auch bei älteren Stämmen keine Holzzellen Anlage finden, doch hält es Regnault nicht für unmöglich, dass sehr alte Pflanzentheile wieder zu dem normalen Verdickungstypus (unter Bildung von Holz) zurückkehren.

Da Theile des Stammapparates der verschiedenen Sedum-Species ohne Holzzellen sind, andere dagegen der mechanischen Elemente keineswegs entbehren, so liegt die Vermuthung nahe, dass Regnault gerade erstere zur Untersuchung verwendete.

Weitere Mittheilungen über den Stammbau der *Crassulaceen* liegen von Lestiboudois[3]) vor.

Im Allgemeinen übereinstimmend mit Regnault sagt dieser Autor über den Stammbau von *Rochea falcata*[4]):

„*La tige . . a inférieurement des faisceaux dont les parties ligneuses sont unies en cercle; leurs vaisseaux sont en groupes rapprochés, les uns intérieurs, les autres plus extérieurs et séparés par du tissu ligneux.*“

Bei *Sempervivum arboreum* erwähnt Lestiboudois[5]) die grössere Anzahl primärer Gefässgruppen und fährt fort:

„*Ceux qui suivent forment des cercles complets ou incomplets, entièrement distincts ou réunis en certains points. Le tissu qui les sépare est formé de clostres aigus, à parois épaisses, poreuses.*“

[1]) Man vergl. Regnault, Taf. IV, Fig. 2 und die Fig. 1—5, Taf. XII der vorliegenden Abhandlung. — [2]) pag. 93. — [3]) Th. Lestiboudois. *Structure des hétérogènes.* Comptes rendus, vol. LXXVI, 1873, pag. 195. — [4]) pag. 198. — [5]) pag. 197.

Die von Regnault hervorgehobene zonenförmige Anordnung der innerhalb des Holzkörpers liegenden Gefässelemente wird hiermit bestätigt.

Echeveria coccinea nähert sich in Bezug auf ihren Stammbau mehr den *Mesembryanthemeen.*

„*Son système ligneux*[1]) *se compose de deux cercles vasculaires et d'un cercle incomplet; ces cercles sont séparés par des zones de clostres aigus, à parois épaisses.*"

Es entstehen hier nicht immer vollkommene Ringe, welche von einer verschiedenen Vertheilung der mechanischen gegenüber den parenchymatischen und Gefässelementen des Fibrovasalsystems herrühren, eine Vertheilung, die wir bei den verschiedenen Sedum-Arten in der einen oder anderen Weise ebenfalls gefunden haben.

Schwendener[2]) erwähnt unter Gruppe acht der dicotylen Gewächse des anatomischen Baues von *Sedum reflexum* und *altissimum.* Ohne Bast auf der Aussenseite des Cambiums oder Cambiforms zeigt sich in den Stämmen dieser Pflanzen ein intracambialer Libriformring ohne Markstrahlen und Gefässzellen.

Diese Arten schliessen sich somit *Sedum spurium, album* und *rupestre* an, in deren fertilen Sprossen der Holzring der Gefässelemente entbehrt[3]).

Bryophyllum calycinum ist in neuerer Zeit von Berge[4]) zum Gegenstand einer mehr entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung gemacht worden.

Uebereinstimmend mit *Sedum* geht bei dieser Species der Aussenkork aus der Epidermis hervor, ferner wird auch hier schon sehr früh ein interfasciculares Cambium angelegt. Die vollkommen geschlossene Cambiumzone erzeugt etwa im achten Internodium des Stammorgans einen vollkommenen Holzring, welcher der Markstrahlen entbehrt und in frühen Entwicklungsstadien lediglich aus Holzzellen zusammengesetzt ist. Nachdem jedoch diese Holzzelllage eine gewisse Dicke erlangt hat[5]), „entstehen an der äussersten Grenze des Holzringes von neuem Gefässe, diese liegen einzeln oder zu wenigen beisammen und mit dem primären Xylem auf gleichem Radius oder an Stellen des interfascicularen Cambiums".

Der Holzkörper von *Bryophyllum* ähnelt somit bis zu gewissem Grade demjenigen der oberirdischen Stämme von *Sedum Aïzoon* und *Telephium.* Auch hier fehlen demselben die Markstrahlen, es sind endlich in ihm, im Allgemeinen in radialer Fortsetzung der primären Gefässstränge, Gefäss- und ähnliche Elemente, wenn auch in geringer Zahl, vorhanden. Von einem „intervasalen Cambium", das nach Berge[6]) zwischen den Elementen des primären Xylems, im Stamme von *Bryophyllum*, auf-

[1]) a. a. O. pag. 196.

[2]) Schwendener. Das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monocotylen. 1874, pag. 148.

[3]) Zwischen die Arbeiten von Schwendener und Berge würde die von mir 1876 gegebene vorläufige Mittheilung der Resultate der vorliegenden Arbeit einzuschalten sein. Man vergl. Untersuchungen über die Entwicklung der *Crassulaceen.* Verhandlungen des naturh.-med. Vereins zu Heidelberg. 1876.

[4]) Entwicklungsgeschichte von *Bryophyllum calycinum.* Erster Theil, 1876. — Beiträge zur Entwicklungsgeschichte von *Bryophyllum calycinum* von H. Berge, 1877.

[5]) Berge, pag. 39 der letztgenannten Abhandlung.

[6]) pag. 38.

tritt und jene Gruppen grössere Dimensionen annehmen lässt, habe ich bei der Untersuchung der verschiedenen Sedum-Arten nichts wahrgenommen. Dagegen stimmen diese letzteren in Bezug auf das Fehlen von Bastfasern, wie der ausgeprägten Formen der Siebröhren[1]) im Weichbast, mit *Bryophyllum* überein.

Mark und Rinde der Stammorgane der letztgenannten Pflanze vermitteln hauptsächlich das Dickenwachsthum. Von dem vierten bis achten Internodium erscheint der Radius des Markes und die Dicke des Rindengewebes mindestens verdoppelt. Eine derartige grössere Betheiligung des Grundgewebes an der Stammverdickung — in jüngsten Internodien wohl mehr durch Theilung, in älteren durch räumliche Vergrösserung der betreffenden Zellformen veranlasst — die bei succulenten Pflanzen nicht zu den Seltenheiten gehören dürfte, findet sich, wenn gleich in nicht so bedeutendem Masse, auch bei *Sedum* vor.

De Bary[2]) endlich äussert sich über die uns hier interessirende Pflanzengruppe, welche er, trotz einiger abweichender Erscheinungen, als dem normalen dicotylen Typus untergeordnet bezeichnet, und die er eingehenderem Studium empfiehlt, folgendermassen[3]):

„In dem mit stärker entwickeltem Holzkörper versehenen oberirdischen Stamme der untersuchten *Crassulaceen* besteht das Parenchym aus langgestreckten, zartwandig und unverholzt bleibenden Zellen und begleitet, in Längsreihen, die Gefässe. Diese stehen mit ihm in der Fasermasse ganz einzeln und zerstreut, oder höchstens zu zwei oder drei beieinander: *Sedum maximum;* oder theilweise grössere, bis zwölfzählige Gruppen bildend: *Sedum populifolium,* auch *Echeveria pubescens;* oder sie bilden mit dem Parenchym reichzählige, quergezogene, miteinander unregelmässige, unterbrochene Querbinden darstellende Gruppen: *Sempervivum arboreum;* in den kriechenden Stämmchen von *Sedum reflexum* endlich bilden sie zusammen mit den zarten Zellen starke vielschichtige, zusammenhängende Ringzonen, welche mit eben solchen Faserzonen abwechseln. Viele Arten, selbst solche mit starken Stämmchen, wie *Crassula lactea, Sedum ternatum,* auch *Echeveria pubescens* bilden übrigens kaum nennenswerthe Spuren von secundärem Holze aus."

Das hier über den anatomischen Bau einiger Repräsentanten der Gattung *Sedum* Gesagte stimmt, in Bezug auf den einen oder anderen Entwicklungszustand unserer Pflanzen, vollständig mit den Resultaten der vorliegenden Arbeit überein.

Ueberblicken wir ferner die Angaben der eben citirten Autoren, so zeigt sich, dass der anatomische Bau von *Sempervivum, Rochea, Echeveria* und *Bryophyllum* nicht vollständig demjenigen von *Sedum* gleicht. Abgesehen von der grösseren oder geringeren räumlichen Ausdehnung des Grundgewebes bei den genannten Gattungen stimmt bei ihnen das Gewebe des Markes und der Rinde noch am meisten mit *Sedum* überein. Das Gleiche gilt von den Elementen des Phloëmtheils ferner der histologischen Zusammensetzung und Anordnung der primären Xylemgruppen. Abweichend verhält sich das secundäre Xylem. Bei *Sempervivum*, *Rochea, Bryophyllum* handelt es sich hier um einen

[1]) Man vergl. pag. 43.

[2]) De Bary, vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane etc. 1877.

[3]) pag. 513.

einheitlichen Holzkörper, der entweder keine, oder kleine, endlich grössere Gefässpartieen, letztere in mehr oder minder vollkommenen concentrischen Zonen, enthält. Diese Zonen oder Gefässgruppen nehmen eine keineswegs regelmässige, etwa den primären Gefässpartieen in radialer Richtung folgende Stellung innerhalb des Holzringes ein.

Anders verhält sich das bei der Gattung *Sedum*. Wenn auch der einmal angelegte Holzkörper hier einen nicht unähnlichen Bau zeigt, so findet er doch, wenn überhaupt eine Verdickung des Stammes erfolgt, keine directe Fortsetzung, es erscheinen, regelmässig angeordnet, Gefäss- und parenchymatische Elemente in einer Ringzone über demselben, und erst später kann es zu einer Neuanlage einer oder mehrerer, den ersten ähnlich gebauter Holzzonen kommen, welche immer von einander durch die erwähnten, mechanisch unwirksamen Zelllagen getrennt sind.

Die Gattung *Sedum* zeigt also eine Neigung, die secundären Elemente des Xylems verschieden und in einer Weise zu vertheilen, dass auf Querschnitten sehr regelmässige Ringe hervortreten, die einestheils aus mehr holzigen Zellformen, anderntheils aus parenchymatischen und Gefässzellen bestehen.

Abnormitäten in Bezug auf die Anlage dieser Schichten, wie solche von Falkenberg[1]) an den *Mesembryanthemeen* beobachtet wurden, treten hier nicht auf. Mit jeder Vegetationsperiode erscheint an normaler Stelle zwischen Xylem und Phloëm des Gefässbündels ein Cambium, das die Verdickung des Stammes auf die angedeutete Weise vollzieht.

Einen der Gattung *Sedum* nicht unähnlichen anatomischen Bau finden wir in den Stammorganen der *Portulacaceen*[2]) vor. *Talinum speciosum* zeigt einen Holzkörper, der abwechselnd ringförmig angeordnete Lagen von Holzzellen und in solche eingestreute Gefässelemente, sowie mehr parenchymatische und Gefässlagen enthält, beide quantitativ in etwa gleichem Verhältniss. Abweichend gestaltet sich das anatomische Gesammtbild durch die Anwesenheit zahlreicher, breiter Markstrahlen, sowie kleiner Gruppen verdickter Bastfasern.

Auch die Stämme der *Tetragonieen*, z. B. *Tetragonia expansa*[3]), neigen, hier unter Abwesenheit von Markstrahlen und Bastfasern, zu einer derartigen schichtenförmigen Holzbildung.

Eine vollständige Uebereinstimmung ist, wie aus dem Gesagten hervorgeht, nicht vorhanden, immerhin liefern aber die letztgenannten Familien den Beweis, dass der im ersten Augenblick auffallende anatomische Bau von *Sedum* nicht jeder Analogie unter den dicotylen Pflanzen entbehrt; endlich erscheint es mir wahrscheinlich, dass bei eingehenderer, besonders entwicklungsgeschichtlicher Untersuchung von Repräsentanten der *Crassulaceen* sowohl wie nahe stehender Familien ähnliche Verhältnisse gefunden werden können.

[1]) Ueber das secundäre Dickenwachsthum von *Mesembryanthemum*. Nachrichten der königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, 1876, pag. 99.

[2]) Regnault, pag. 106, Taf. VI, Fig. 1 und 2, man vergl. auch Lestiboudois, pag. 195.

[3]) Regnault, pag. 101, Taf. V, Fig. 4 u. 5.

X. Der Bau der Laubblätter.

Die äussere Gestaltung der Laubblätter der zur Gattung *Sedum* gehörigen Arten ist, wie wir in früheren Kapiteln bereits gesehen haben, eine verschiedene. Im Allgemeinen, und vorzugsweise bei den rasenbildenden Species, herrscht die cylindrisch-nadelförmige Blattform vor, bei *Sedum Aïzoon* und *Telephium* dagegen treffen wir ein flaches der gewöhnlichen Form entsprechendes Blatt.

Die Blätter der letztgenannten Arten zeigen unter sich noch insofern kleine Verschiedenheiten, als sie bald lanzettförmig *(S. Aïzoon)*, bald oval länglich *(S. Telephium)* gestaltet sind. Auch in Bezug auf die mehr oder minder succulente Entwicklung ergeben sich Differenzen. Es besitzt beispielsweise *Sedum Telephium* ein fleischigeres Blatt als *Sedum Aïzoon*, Unterschiede, die auch bei den cylindrisch-nadelförmigen Blattorganen wahrzunehmen sind.

Ein deutlich ausgebildeter Blattstiel ist mit wenigen Ausnahmen *(S. populifolium)* nicht vorhanden; sowohl die flachen wie die cylindrisch-nadelförmigen Blätter sitzen ziemlich direct den betreffenden Stammtheilen an.

Betrachten wir zunächst die nadelförmigen Laubblätter von *Sedum dasyphyllum* etwas näher.

Bei einer ziemlich succulenten Ausbildung zeigen dieselben auf Schnitten senkrecht zur Längsaxe des Organs (Fig. 2, Taf. XV) einen flachelliptischen Umriss. Die mehr flache Seite der Ellipse, welche seiner Zeit dem Stammtheil anlag, ist die morphologische Oberseite, die rundliche die Unterseite des Blattes.

In den Grund des Blattes tritt ein ziemlich starker Blattspurstrang ein, dessen nach der Blattoberseite liegender Theil aus ringförmig wie spiralig verdickten Tracheïden besteht, dessen untere Partie, der Siebtheil, aus zartwandigen, langgestreckten Zellformen zusammengesetzt ist. Dieser Strang (*F*, Fig. 1, Taf. XV) verzweigt sich bald nach seinem Eintritt in das Blattorgan, es entsteht ein in der Mitte des Blattes verlaufender, stets an Stärke abnehmender Hauptnerv und zwei Seitennerven, welche in Bogen am Rande des Blattorgans laufen, um sich an dessen Spitze wieder mit dem Mittelnerv zu vereinigen. Ferner gehen von dem Hauptnerv nach der Randnervatur Seitenzweige ab, welche unter sich nur wenige Anastomosen bilden.

Freie Endigungen[1]) der zärteren Nerven in dem Mesophyll des Blattes habe ich weder an der

[1]) Man vergl. De Bary, Anatomie der Vegetationsorgane etc., pag. 316.

Randnervatur noch an derjenigen des mittleren Theiles des Blattes vorgefunden. Ueberhaupt ist kein ergiebiges Adernetz in den Blättern von *Sedum dasyphyllum* vorhanden.

Wie bei den flachen Blättern der meisten Gewächse liegt auch in den cylindrisch-nadelförmigen Blattorganen unserer Sedum-Species die Nervatur in einer Ebene, und zwar ist das diejenige, welche parallel mit der etwas abgeplatteten Seite des Blattes (Fig. 2, Taf. XV, *O*) läuft. Senkrecht zu der genannten Ebene treten nur selten Nervenverzweigungen auf. Geschieht dies dennoch, so hat gewöhnlich das Blatt eine auffallend succulente Ausbildung genommen.

Das zwischen dem Adernetz liegende Blattparenchym besteht aus rundlichen Zellformen, die im Allgemeinen nur durch ihre Grössenverhältnisse von einander differiren. Die direct der Epidermis anstossenden derartigen Zellen (man vergl. Fig. 1, Taf. XV) sind kleiner als diejenigen der Mittelpartieen des Blattes.

Chlorophyllkörner finden sich gewöhnlich in sämmtlichen Zellen des Blattparenchyms vor. Hinsichtlich ihrer Vertheilung sind die peripherischen, der Epidermis angränzenden Zellen gegenüber denjenigen centraler Partieen bevorzugt, ein Unterschied, der besonders dann deutlich hervortritt, wenn das Blatt sehr fleischig entwickelt worden ist. Alsdann können die inneren Zelllagen desselben des Chlorophylls nahezu gänzlich entbehren.

Im Allgemeinen fällt an den Blättern von *Sedum dasyphyllum* die in sämmtlichen Zellen des Blattparenchyms mehr gleichmässig erfolgende, qualitativ spärliche Vertheilung der Chlorophyllkörner auf. Während bei denjenigen Gewächsen, welche in ihren Blättern den Chlorophyllapparat an die Oberseite des Blattes stellen, das Chlorophyll sich dicht gedrängt in den betreffenden Zellformen vorfindet, ist es hier mehr spärlich vorhanden, dagegen in der Gesammtmasse des Blattparenchyms untergebracht.

Der Bau der Epidermis des Blattes bietet, abgesehen von den papillenähnlichen Ausstülpungen, welche einzelne Zellen der Oberhaut erfahren können (*a*, Fig. 1, Taf. XV), wenig Bemerkenswerthes.

In Fig. 2, Taf. XV ist der Querschnitt durch ein Blatt von *Sedum dasyphyllum* gezeichnet. Aus dieser Figur ergibt sich die Flächenanordnung der Nervatur. Bei *O* finden wir die mehr flache Oberseite des Blattes, auf dieser sowohl wie der Blattunterseite sind Spaltöffnungen *(Sp)* vorhanden. Mit *H* wurde der Hauptnerv bezeichnet, der, da der Schnitt nahe der Spitze des Blattes geführt worden ist, sich in Bezug auf seine Stärke wenig von den benachbarten Seitennerven unterscheidet. Aus ähnlichen Gründen sind auch die peripherischen Zellformen und die centralen hier von ziemlich gleicher Grösse.

Dem Bau der Blattorgane von *Sedum dasyphyllum* schliesst sich derjenige der cylindrisch-nadelförmigen Blätter der andern von mir untersuchten Sedum-Arten so genau an, dass ich auf weitere Angaben in dieser Richtung verzichten und mich der Anatomie der f l a c h e n Blätter der verschiedenen Sedum-Arten zuwenden kann.

Zunächst sei hier *Sedum spurium*, von dessen Blatt in Fig. 3, Taf. XV ein Querschnitt Abbildung gefunden hat, erwähnt.

Der in dieses Organ eintretende Blattspurstrang, welcher sich in Bezug auf seine histologischen Elemente in nichts Wesentlichem von demjenigen des Blattes von *Sedum dasyphyllum* unterscheidet, ist gewöhnlich stärker als derjenige der letztgenannten Species. Er verzweigt sich ähnlich, wenn auch etwas reichlicher, wie der von *Sedum dasyphyllum*, das entstandene Adernetz liegt, wenn man von der dachförmigen Biegung, welche das Blatt selbst erfährt, absieht, in einer Ebene. Letztgenannte Biegung ist in Fig. 3, Taf. XV deutlich zu sehen; von *F*, dem Mittelnerv des Blattes, steigt nach der linken Seite der Zeichnung das Blatt auf. Dasselbe geschieht an dem entgegengesetzten, hier nicht ausgezeichneten Theil bei *g*.

Da der Querschnitt etwa der mittleren Partie des Blattes entnommen wurde, so ist der Hauptnerv in seinen Grössenverhältnissen schon bedeutend reducirt; immerhin erscheint er noch doppelt so stark als der benachbarte Seitennerv.

Das Blattparenchym ähnelt sehr demjenigen von *Sedum dasyphyllum*. Die rundlichen Zellen sind, soweit sie an der Peripherie des Blattes liegen, durchgängig kleiner als diejenigen des inneren Theils. An letzterer Stelle zeigen sich bedeutendere, wenn auch nicht sehr grosse Intercellularräume, die, je mehr man sich der Epidermis nähert, an Grösse abnehmen. Chlorophyll findet man so ziemlich in sämmtlichen Zellen des Blattparenchyms, indessen sind auch hier, was die Quantität angeht, die äusseren Zellen bevorzugt.

Spaltöffnungen bilden sich sowohl auf der Blattober- wie auf der Unterseite.

Eine, wenn auch nur sehr schwache Neigung zu der der Mehrzahl der dicotylen Blätter eigenen Sonderung des Blattparenchyms in ein an der Blattoberseite befindliches, aus langgestreckten Zellen bestehendes Pallisadenparenchym und ein nach der Unterseite liegendes aus mehr rundlichen, mit stärkeren Intercellularräumen versehenen Zellen zusammengesetztes Schwammparenchym macht sich manchmal bei besonders stark entwickelten Blättern von *Sedum spurium* geltend. In Fig. 4 Taf. XV wurde ein derartiger Fall gezeichnet; es fand derjenige Theil eines Blattes genannter Species, welcher seitlich des Mittelnervs liegt, im Querschnitt seine Abbildung. Dabei zeigt es sich, dass die unter der Blattoberseite *(O)* befindlichen Zellen des Blattparenchyms (bei *b* Fig. 4, Taf. XV) bedeutend in ihren Grössenverhältnissen von denjenigen der Unterseite abweichen, dass sie bereits etwas gestreckt erscheinen und dichter einander anschliessen als die kleineren Zellen der letzteren. In Bezug auf die Vertheilung des Chlorophylls hat diese Zellanordnung keine Aenderung hervorgebracht; ebenso finden sich Spaltöffnungen auf beiden Seiten des Blattes vor.

Deutlicher tritt eine solche Sonderung in den flachen Blättern von *Sedum Aïzoon* hervor.

Fig. 5, Taf. XV zeigt uns einen Theil eines Querschnittes durch das Blatt der genannten Species, welcher durch die Mitte geführt, den Hauptnerv (bei *H*) mit der demselben seitlich anstossenden Blattspreite darlegt. In der letzteren bemerkt man bei *c* die deutlich pallisadenförmig gestalteten Zellen des Blattparenchyms der Blattoberseite, und zwar sind diese in doppelter Lage vorhanden.

Die unter der Epidermis liegende dritte Zellreihe ändert bereits ihre Form, sie gibt einen Uebergang zu den mit *d* bezeichneten Zellen der Blattunterseite ab, ihre Zellen werden rundlich

und schliessen weniger dicht einander an. Das hierauf folgende Gewebe bei *d* trägt schon ganz den Charakter des Schwammparenchyms.

In Bezug auf die Nervatur ist, abgesehen von einer etwas reichlicheren Verzweigung des in das Blatt tretenden Gefässstranges, wenig Neues zu bemerken. Bei dem Hauptnerv nimmt das Blatt an Dicke zu, die hier befindlichen Zellen des Blattparenchyms verlieren die geschilderte Form, sie werden (man vergl. die über *H* u. *B*, Fig. 5, Taf. XV liegenden Zellen), soweit sie direct dem Nerv anliegen, polyedrisch, soweit sie der Epidermis angränzen, rundlich.

Die Vertheilung des Chlorophylls hat keine wesentliche Aenderung erfahren, sie ist, wenn auch in manchen Fällen eine Neigung zu einer stärkeren Anhäufung der Chlorophyllkörner in den der Epidermis der Blattoberseite anstossenden Zellen bemerkt werden konnte, in sämmtlichen Zellen des Blattparenchyms eine mehr gleichmässige; die Chlorophyllmenge ist gering.

Obgleich nun die Differenzirung des Parenchyms der Blätter von *Sedum Aïzoon* keine so prägnante ist, wie diejenige ähnlicher Gewebe der Blätter der meisten dicotylen Gewächse, so lässt sich doch hier, was bei dem in Fig. 4, Taf. XV an *Sedum spurium* gegebenen Falle noch immer discutirbar war, die Annäherung an diese nicht mehr verkennen.

Die cylindrisch-nadelförmigen Blätter der Repräsentanten der Gattung *Sedum* (*S. dasyphyllum* u. a.) zeigen somit ein gleichmässiges, höchstens in den Grössenverhältnissen unterschiedenes Blattparenchym.

Im Allgemeinen ähnlich, doch unter Umständen mit Neigung zu einer Differenzirung des Gewebes der Blattober- gegenüber der Unterseite, verhalten sich die flach ausgebildeten Blattorgane von *Sedum spurium*, dessgleichen diejenigen von *Sedum Telephium*, *populifolium* u. a.

Nicht mehr verkennbar endlich ist eine solche Gewebedifferenzirung bei *Sedum Aïzoon*, wenn dieselbe auch hier nicht mit der den meisten dicotylen Blättern eigenen Schärfe auftritt.

In Bezug auf die Nervatur verhalten sich die verschieden gebauten Blätter der Sedum-Arten ziemlich gleich. Dasselbe gilt von den Spaltöffnungen, die bei dem flachen sowohl wie bei dem cylindrisch-nadelförmigen Blatte und zwar auf der Blattober- wie Unterseite in annähernd gleicher Zahl vorhanden sind.

Die letztgenannten Gebilde entstehen folgendermassen.

Wenn in einer Epidermiszelle des jugendlichen Blattes eine Spaltöffnung angelegt werden soll, so tritt die erstere zunächst in Theilungen ein, welche nach Art der Scheitelzelle nach drei Richtungen des Raumes erfolgen. Die innerste, letztentstandene derartige Zelle wird zur Mutterzelle der Spaltöffnung, die älteren jene umgebenden Segmente, Ausnahmen vorbehalten, zu Nebenzellen.

In den Fig. 11, 12, 13, Taf. XV sind derartige Theilungen gezeichnet. In zwei benachbarten Epidermiszellen des Blattes von *Sedum Aïzoon* (Fig. 11), an sich durch die buchtig-wellenförmige Gestaltung ihrer Wände gekennzeichnet, bemerkt man in der Richtung *i — k*, *l — m*, *n — o* die successiv entstandenen neuen Wände, die in Fig. 12, einem vorgeschritteneren Stadium, die Mutterzelle der Spaltöffnung *s*, *t*, *u*, einschliessen, welch' letztere sich nochmals längs theilt und damit in die

beiden Schliesszellen des Porus zerfällt, Verhältnisse, die genau mit den von Strasburger[1]) an *Sedum spurium* erhaltenen Resultaten übereinstimmen und auf die ich desshalb nicht weiter eingehen will.

Erwähnenswerth erscheint dagegen die Bildung doppelter, über eine Athemhöhle gestellter Spaltöffnungen. Strasburger[2]) erwähnt derartige Bildungen gelegentlich der einleitenden Theilungen für die Spaltöffnung folgendermassen:

„Wir erinnern uns, dass durch einen jeden Theilungsschritt je eine Dauerzelle und je eine theilungsfähige Zelle angelegt wurde; diese Theilungsweise bewährte sich im Laufe der ganzen Untersuchung; doch kamen hin und wieder auch Ausnahmen vor. Es ereignete sich nicht selten, dass eine Zelle aus der Spirale, die Dauerzelle bereits bleiben sollte, sich auffallender Weise nach drei Richtungen der Fläche zu theilen begann und schliesslich eine Specialmutterzelle erzeugte; ja in manchen Fällen konnte sich dieser Vorgang in mehreren Zellen einer und derselben Spirale wiederholen.“

Durch solche Theilungen entstehen somit aus einer Epidermiszelle mehrere und zwar, wie ich mich überzeugte, häufig über einer Athemhöhle liegende Spaltöffnungen. Von der Oberfläche gesehen, sind derartige nachträgliche, erst nach Ausbildung der centralen Specialmutterzelle zum Porus eintretende Bildungen von Strasburger[3]) gezeichnet, fertige Zustände gibt für *Sedum Aïzoon*, auf Schnitten senkrecht zur Blattfläche, Fig. 10, Taf. XV.

Hier hat ein Stück der Epidermis der Blattoberseite *(E)* Abbildung gefunden, an welchem die beiden aus einer Epidermiszelle hervorgegangenen Spaltöffnungen *Sp* u. *Sp*, oberhalb einer von Zellen des Blattparenchyms begränzten Athemhöhle stehen.

Zu erwähnen wären endlich noch die papillenartigen Ausstülpungen der Epidermiszellen mancher Blattorgane der Gattung *Sedum*, sowie der Haarbildungen, welche an solchen vorkommen können. Was die ersteren betrifft, so ist für *Sedum Hillebrandii Fenzl* schon auf derartige Gebilde durch Fenzl[4]) aufmerksam gemacht worden. Bei dieser Species bemerkt man an den Blattorganen die Epidermalzellen in ihrer Mitte stumpf kegelförmig aufgetrieben. Die Oberfläche des Blattes wird durch das vielfach hier zerstreute wie reflectirte Licht schimmernd.

Bei andern Arten wird ein derartiger Effect in Folge des spärlichen Auftretens oder gänzlichen Wegfallens der Epidermispapillen nicht hervorgebracht. So fand ich derartige Ausstülpungen der Epidermis nur vereinzelt bei *Sedum dasyphyllum* (bei *a*, Fig. I, Taf. XV).

Bei letztgenannter Species trifft man, und zwar im Allgemeinen spärlich, auch vollständig ausgebildete Köpfchenhaare an den Blattorganen. Auf einem stielförmigen Träger (*e*, Fig. 8, Taf. XV) sitzt eine kugelige Endzelle von nicht sehr bedeutender Grösse, in deren Innerem Kreuztheilungen

[1]) Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen. Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, V. Band, pag. 322.

[2]) a. a. O. pag. 323.

[3]) Taf. XL, Fig. 108.

[4]) Fenzl. Ein Beitrag zur näheren Kenntniss einiger Sedum-Arten aus der Gruppe von *Sedum acre*.

aufgetreten sind. Aehnliches geschieht in dem, im Vergleich zu dem köpfchenförmigen Ende des Haares stark ausgebildeten Träger der ersteren. Ferner haben beide Theile das Gemeinsame, dass meist ihre inneren Wände in der Richtung der Längsaxe des Haares nicht von ähnlichen Theilungen senkrecht durchschnitten werden. Derartige Längswände sind somit nicht bei allen Lagen des Haares sichtbar; wurde das letztere so gedreht, dass dieselben parallel dem Objectträger zu liegen kommen, so resultiren Bilder, wie sie durch Fig. 8, Taf. XV Ausdruck finden, um 90 Grad gewendet sind die Längstheilungen (Fig. 9, Taf. XV) leicht erkennbar.

Zu erwähnen wäre endlich noch die etwas auffallende Gestalt einzelner Epidermiszellen der Blattorgane mancher Sedum-Arten, beispielsweise *Sedum spurium*. Wie bereits Engler[1]) mittheilt, können zwischen zwei Reihen normal ausgebildeter, mit Spaltöffnungen versehener Epidermiszellen langgestreckte Zellformen auftreten, welche Gerbstoff führen. Derartige schlauchförmige Zellen kommen nach Engler in noch ausgeprägterer Form bei den *Saxifragen* vor; bei *Sedum spurium*[2]) sind sie nicht bedeutend in die Länge gezogen und etwa doppelt so lang, als die übrigen angrenzenden Epidermiszellen.

Von einer Durchbrechung der Querwände derartiger Zellformen konnte ich nichts bemerken. Dieselben sind in nicht allzuscharfe Längsreihen angeordnet, welche unter sich durch, gewöhnlich schief verlaufende, ähnliche Zellen verbunden werden.

Der verhältnissmässig einfache Bau der Blattorgane der succulenten Pflanzen wurde schon von mehreren Autoren besprochen.

So erwähnt Areschoug[3]) eines centralen, mehr oder weniger chlorophylllosen Wassergewebes (dessen pneumatisches Parenchym), das in den cylindrischen succulenten Blättern, speciell denen einiger Sedum-Arten, vorhanden und von chlorophyllhaltigem assimilirendem Parenchym umgeben ist.

P. Magnus[4]) fand, dass unter der Epidermis der Blätter vieler *Crassulaceen* (darunter *Sedum reflexum*) das Chlorophyll führende Parenchym liegt, welches von dem hellsaftigen inneren Parenchym, in dem die Gefässbündel verlaufen, nicht scharf und plötzlich geschieden ist.

De Bary[5]) stellt von den *Crassulaceen* beispielsweise die Blätter von *Crassula arborescens*[6]) unter den centrischen Typus, bei welchem Chlorophyllparenchym rings um das Gesammtorgan gleichförmig vertheilt ist, und die ganze Zellmasse aus Chlorophyllparenchym besteht (Unterabtheilung *a*), dessen Zellen nach der Blattmitte zu grosszelliger, lockerer und chlorophyllärmer werden.

Dass die Blattorgane der von uns betrachteten Sedum-Arten ihrem Bau nach im Allgemeinen

1) Engler. Ueber epidermoidale Schlauchzellen, beobachtet bei den Saxifragen der Sect. *Cymbalaria*. Botanische Zeitung 1871, pag. 886.

2) Man vergl. Engler. Taf. XI, Fig. 7.

3) Areschoug. Vorläufige Mittheilung über einige Untersuchungen der Anatomie des Blattes. Referat in Just, botanischer Jahresbericht 1874, pag. 1011.

4) P. Magnus. Beiträge zur Kenntniss des anatomischen Baues der Blätter. Abhandlungen des botanischen Vereins für die Provinz Brandenburg. XVIII, pag. 97.

5) De Bary. Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane, pag. 423.

6) a. a. O. Fig. 180, pag. 393.

dem centrischen Typus entsprechen, geht aus dem in diesem Kapitel Gesagten hervor. Nicht verkennen lässt sich indessen, dass, besonders bei flach entwickelten Blättern, eine, wenn auch geringe Neigung zu dem bifacialen Typus vorhanden ist, dass hier eine Sonderung des Parenchyms der Blattoberseite gegenüber demjenigen der Unterseite angestrebt wird. Eine solche liess sich in sehr schwachem Masse bei manchen Blättern von *Sedum spurium*, (man vergl. Fig. 4, Taf. XV), in weitaus bedeutenderem dagegen bei *Sedum Aïzoon* (Fig. 5, Taf. XV) feststellen, wenn auch hier niemals eine sehr scharfe Sonderung in ein chlorophyllführendes Pallisaden- und ein chlorophyllfreies Schwammparenchym erreicht wurde.

XI. Bau der Blüthe, Embryologie und Fruchtentwicklung.

Die terminalen Blüthen der fertilen Zweige der verschiedenen Sedum-Arten bilden nach Caspary[1]) und Wydler[2]) Dichasien von corymböser oder doldiger (*Sedum Aïzoon, spurium* u. a.), ferner doldenrispiger (*Sedum populifolium*), endlich rispiger Zusammensetzung. Letztere entweder in compacten (*Sedum Anacampseros*) oder in lockeren Rispen (*Sedum album*).

Diese Verhältnisse sind von den genannten Autoren eingehend behandelt worden, so dass ich hier nur auf sie hinzuweisen nöthig habe.

Auch über Bau und Entwicklung der Blüthe der *Crassulaceen*, speciell der Gattung *Sedum*, fehlt es nicht an Angaben. In dieser Richtung wäre hier zunächst der Mittheilungen von De Candolle[3]) zu gedenken.

Nach denselben[4]) ist die Corolle bei den meisten Sedum-Arten fünfzählig; in Minderzahl kommen vierzählige Blüthen (*Sedum quadrifidum*), sechs- oder siebenzählige (*Sedum altissimum, heptapetalum, hispanicum* u. a.), endlich solche, welche zwischen fünf und sieben Kronblättern variiren (*Sedum Aïzoon, amplexicaule, rupestre* u. a.), vor.

Die Stamina erscheinen gewöhnlich in der doppelten Zahl der Kronblätter, doch lassen sich auch in dieser Hinsicht Ausnahmen constatiren. So besitzt beispielsweise die Blüthe von *Sedum rubens* bald fünf bald zehn Staubgefässe, welche, wenn sie in Fünfzahl vorhanden sind, zwischen den Kronblättern stehen. Dass in letztgenanntem Falle ein Staubblattkreis ausgefallen ist, geht daraus hervor, dass manchmal Rudimente eines zweiten Staminalkreises auftreten. Alsdann sind im Ganzen 6 bis 7 Staubblätter in der fünfzähligen Blüthe vorhanden, deren fünf dem episepalen, ein oder zwei dem epipetalen Staminalkreis angehören.

Aehnlich *Sedum rubens* verhält sich *Sedum villosum; Sedum cæspitosum* dagegen lässt zehn Stamina sehen, deren fünf alternipetale fertil, deren alternisepale steril entwickelt werden. *Sedum Andegavense* endlich hat nur fünf Staubgefässe.

[1]) Caspary. Ueber *Bulliarda aquatica*. Schriften der physik.-ökonom. Gesellschaft zu Königsberg, 1860, pag. 74.

[2]) Wydler. In Flora, 1851, pag. 372 und 1860, pag. 377. — Derselbe. In Pringsheim's Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik. Band XI, Heft 3, pag. 354.

[3]) De Candolle. *Mémoire sur la famille des Crassulacées, 1828. (Mém. coll. n. II).*

[4]) a. a. O. pag. 29 u. 30.

Die carpellaren Drüsenschuppen sind stumpf und ungetheilt, die Fruchtblätter stehen über den Kronblättern.

Payer[1]) gibt eine ausführliche Entwicklungsgeschichte. Von ihm sind an *Sedum oppositifolium* verschiedene Stadien der Blüthenentstehung in anschaulicher Weise gezeichnet worden[2]). Aus diesen Abbildungen sowohl, wie aus dem Texte geht hervor, dass die Stamina meist in der doppelten Anzahl der Kronblätter vorhanden sind, dass der alternipetale Staminalkreis zuerst, der alternisepale später, wenn auch in annähernd gleicher Höhe mit ersterem, angelegt wird.

Die Carpelle alterniren mit den Kelchblättern, sie erscheinen, deutlich von einander gesondert, in gleicher Zahl wie die Petala. Im Innern der Einzelfruchtknoten tragen die Carpellränder in Längsreihen die Samenknospen; die letzteren entstehen zuerst in der Mitte jedes Carpells.

Wydler[3]) stimmt in Bezug auf die selbst bei einer und derselben Species häufig auftretende Verschiedenzähligkeit der Blüthen, durch die nicht selten die Gipfelblüthe besonders ausgezeichnet ist, mit De Candolle überein.

Unter den sonst pentameren Blüthen von *Sedum stellatum* finden sich, wenn auch selten, tetramere Gipfelblüthen. Bei den meist hexameren Blüthen von *Sedum hispanicum* begegnet man unter Umständen auch fünf-, sieben- und achtzähligen Blüthen. Aehnlich verhält sich *Sedum dasyphyllum*. Es ist bemerkenswerth, dass Wydler bei letzterer Species eine Terminalblüthe mit 8 Sepala, 8 Petala, 14 Stamina und 7 Carpiden fand, in deren Perigon somit Achtzähligkeit, in deren Sexualapparat die Siebenzahl vorherrschte.

Auch für *Sedum annuum* erwähnt derselbe Autor einer abnorm gebauten Blüthe, welche, bei der dieser Species zukommenden Pentamerie, sieben Fruchtblätter zeigte, wovon die zwei überzähligen einem inneren Kreis angehörten und vor das vierte und fünfte Kelchblatt fielen.

Nach Baillon[4]) ist die fast immer hermaphroditische Blüthe der Sedum-Arten regelmässig. Ueber dem meist fünfzähligen Kelch- und Kronblattkreis finden sich zehn Stamina, deren fünf über den Kelchblättern, fünf über den Kronblättern zu stehen kommen. Fünf Einzelfruchtknoten schliessen central die Blüthe ab; in deren nach innen gelegenen Carpellrändern treffen wir die anatropen Samenknospen. Die Frucht wird aus fünf einzelnen nach innen aufspringenden Kapseln gebildet, die viele längliche, runzliche, auf der Oberfläche punktirte Samen entlassen, welche geringe oder keine Spuren von Endosperm aufweisen.

Chatin[5]) erklärt die Crassulaceenblüthe für obdiplostemon. Die zuletzt entstandenen Stamina können stamodial entwickelt werden oder ganz ausfallen. Die Fruchtblätter sind den Petalen opponirt.

Eichler[6]) endlich schildert die Blüthe von *Sedum* als 4—7zählig und gibt als typisch für die *Crassulaceen* überhaupt ein obdiplostemones Androeceum, epipetale Carpiden, ein meist apocarpes

[1]) Payer. *Organogénie de la fleur*, pag. 365. — [2]) Taf. 79, Fig. 1—14. — [3]) Wydler. Kleinere Beiträge zur Kenntniss einheimischer Gewächse, in Flora 1860, pag. 377, f. f. — [4]) Baillon. *Histoire des plantes*. T. III, pag. 305. — [5]) Chatin. *Organogénie comparée de l'androcée etc.* Compt. rend. T. LXXVIII, pag. 324—27. — [6]) Eichler, Blüthendiagramme. Zweiter Theil, pag. 417.

Ovarium mit hypocarpidischen Schüppchen, endlich aktinomorphe, in den meisten Fällen hermaphroditische Blüthen an.

Betrachten wir die noch in der Knospenlage befindliche Blüthe, hier speciell diejenige von *Sedum Aïzoon*, etwas näher. Schneiden wir eine derartige Knospe quer durch, so erhalten wir, falls der Schnitt genügend basal gegangen ist, Bilder, wie sie in Fig. 1 u. 3, Taf. XVI gezeichnet sind. Bei der erstgenannten Abbildung bemerken wir fünf etwas succulent entwickelte Kelchblätter *(K)*, jedes mit einem einzigen Nerv versehen. Mit dem Kelchblattkreis alterniren fünf Kronblätter *(C)* von geringerer fleischiger Ausbildung in unregelmässig dachiger Lage, und jedes dieser Blätter zeigt um die Partie des Mittelnerven eine bedeutend stärkere Structur. Auf das Perigon folgen zwei vollkommene Staubblattkreise, deren einer (A_{I}) mit den Kronblättern alternirt, deren anderer (A_{II}) epipetal gestellt ist. Ersterer wurde bei dem gezeichneten Schnitte durch die Filamente getroffen, letzterer, der in seiner Entwicklung etwas zurückgeblieben war, durch die Antheren selbst. Dabei ergibt sich, dass jede der Antheren vier regelmässig angeordnete Pollenfächer besitzt. Endlich schliessen fünf dicht aneinander gedrängte Einzelfruchtknoten, die über die Kronblätter gestellt erscheinen, die Blüthe ab.

Die Einzelheiten des Baues des Ovariums gehen aus Fig. 3 hervor. Die Placentation ist normal, es sind die nach dem Centrum der Blüthe liegenden Carpellränder etwas in die Einzelfruchtknoten hineingewachsen (*P*, Fig. 3, Taf. XVI) und tragen hier in Längsreihen in der Art die Samenknospen, dass in jedem Fach zwei Reihen solcher vorhanden sind. Die Ovula entstehen zuerst aus der Mittelpartie der in vertikaler Richtung verlaufenden Carpellränder, von hier schreitet deren Anlage nach oben und unten vor. Endlich laufen die Einzelfruchtknoten nach oben in nicht sehr lange Enden aus, welch' letztere (*N*, Fig. 2, Taf. XVI), ohne besonders hervorragende Narbenbildung, empfängnissfähig sind.

Die Blüthe (ein Theil des Längsschnittes durch dieselbe ist in Fig. 2, Taf. XVI gezeichnet) schliesst mit dem Ovarium, von welchem in Fig. 2 zwei Fruchtknoten abgebildet sind, ab. *F* kennzeichnet die Fruchtknotenhöhle, *P* die Placenta, an deren Mittelpartieen die Anlage der Samenknospen beginnt. Von Antheren wurde bei *A* ein Glied des epipetalen Kreises durch den Schnitt getroffen, über letzterem liegt bei *C* ein Kronblatt. In dem breiten, ziemlich fleischig entwickelten Blüthenboden finden wir zwei gegenständige Gefässstränge *(Fb)* vor, deren jeder Theile nach den Carpellrändern, dem Filamente der Anthere, sowie dem Kronblatt abgehen lässt.

Von den Carpellrändern treten die Gefässendigungen in die einzelnen Ovula (*Fb*, Fig. 16, Taf. XVI), sie bestehen hier aus Tracheïden und wenigen zartwandigen, langgestreckten Zellformen.

Aehnlich verhält es sich mit den Gefässsträngen der Staubblätter. Histologisch übereinstimmend mit den analogen Gebilden der Carpelle finden wir in den Filamenten, von welchen in Fig. 7, Taf. XV ein Querschnitt vorliegt, ein centrales Gefässbündel *(F)*, das nur aus einigen Zellen der genannten Formen besteht. Ein gewöhnlich drei Lagen starkes Grundgewebe, aus parenchymatischen, grössere Intercellularräume besitzenden Zellen bestehend, endlich eine mit etwas stark verdickten Aussenwänden versehene Epidermis umgibt den central gestellten Gefässstrang.

In den Kronblättern, besonders in deren höheren Partieen, tritt gewöhnlich ein complicirt gebautes Gefässbündel nicht mehr auf. Wie aus Fig. 6, Taf. XV, dem Querschnitt durch ein derartiges Blatt, hervorgeht, ist hier der Mittelnerv *(L)* lediglich aus langgestreckten, dünnwandigen Zellen gebildet. Diese werden umschlossen von einem parenchymatischen Grundgewebe, das nach der Blattoberseite *(O)* gewöhnlich kleinzelliger erscheint. Dieselben Grössenunterschiede drücken sich alsdann in der Epidermis aus.

In späteren Stadien der Entwicklung, besonders wenn die Mittelpartie des Kronblattes sich nach dem inneren Theil der Blüthe hin fleischiger ausgebildet hat, schwinden die Grössenunterschiede der Parenchymzellen gewöhnlich bis zu gewissem Grade.

Die Kelchblätter zeigen, abgesehen von ihrer succulenteren Entwicklung, einen den Kronblättern nicht unähnlichen anatomischen Bau. Hier treten nicht selten Gefässbündel auf, welche in Grösse und Zusammensetzung etwa denjenigen der Filamente der Staubblätter entsprechen.

Hinsichtlich der Entstehung der einzelnen Blüthentheile kann ich mich ganz den Beobachtungen Payer's[1]) anschliessen und auf dessen Abbildungen verweisen.

Alternirend mit den Kelchblättern erscheinen an der Vegetationskuppe die Kronblätter und abwechselnd mit diesen die Staminalhöcker des episepalen Staubblattkreises. Alternirend mit letzteren (man vergl. Payer Fig. 4, *et*ᵒ·) finden sich, und zwar später, ferner in annähernd gleicher Höhe, die Staminalhöcker des epipetalen Kreises ein, endlich entstehen gleichfalls epipetal fünf annähernd elliptische Wülste, welche die Bildung des Ovariums einleiten. Die Alternanz der Blüthe ist also lediglich durch die Stellung der Carpiden gestört.

An den letzteren treten noch die hypocarpidischen Schüppchen, die auf dem Blüthenquerschnitt Fig. 1, Taf. XVI, weil solcher nicht genügend basal gegangen war, weggelassen werden mussten, auf.

Aus dem Gesagten geht bereits hervor, dass nach der Lage der Carpelle eine vollkommene Alternanz der einzelnen Blüthentheile nicht besteht. Um zu einer solchen zu gelangen, müsste man entweder zur Annahme eines ersten ausgefallenen Staminalkreises schreiten und damit widersprechend der Entwicklungsfolge der einzelnen Cyclen den epipetalen Staminalquirl als ersten, in Bezug auf den ausgefallenen Kreis als zweiten bezeichnen, oder aber man hätte in Uebereinstimmung mit der Entwicklungsgeschichte den epipetalen Staminalquirl als den zweiten, alternirend mit dem episepalen ersten, anzusprechen und einen ausgefallenen inneren, mit den Carpiden abwechselnden Staubblattkreis hinzuzuziehen. In beiden Fällen würde die Blüthe als aus ursprünglich sechs selbständigen Quirlen aufgebaut erscheinen, eine Annahme, auf welche bei einzelnen Repräsentanten der *Crassulaceen* oder benachbarten Familien, sei es durch vollständige Ausbildung eines dritten Staminalkreises, sei es durch rudimentäre Andeutung eines solchen, nirgends hingewiesen wird; es macht sich im Gegentheil (in der Gattung *Sedum* nach den Mittheilungen von De Candolle beispielsweise bei *S. rubens, villosum, cæspitosum*) ein Zurückgehen des die Alternanz störenden epipetalen Staminalquirls geltend.

[1]) a. a. O. pag. 366, Taf. 79, Fig. 1—14.

Aus diesen Gründen möchte ich von einer derartigen Deutung der in Frage stehenden Blüthe absehen und von den vielen zur Erklärung der obdiplostemonen Blüthe aufgestellten Theorien mich derjenigen Celakovsky's[1]) zuneigen, welche mir mit den entwicklungsgeschichtlichen Verhältnissen am meisten in Uebereinstimmung zu stehen scheint.

Es würde somit in der typisch pentacyclischen Blüthe der episepale Staminalquirl als der erste, der epipetale als der zweite anzusprechen sein. Der letztere entsteht bei den Sedum-Arten, wenn auch in etwa gleicher Insertionshöhe an der Vegetationskuppe, doch ersichtlich später denn jener und rückt während seiner Ausbildung noch etwas gegen den peripherischen Theil des Blüthenbodens. In Folge dessen treten die Carpiden in die hierdurch entstandenen Lücken ein, die gestörte Alternanz zwischen den Fruchtblättern und dem inneren Staubblattkreis erklärt sich aus dem Gesetz, dass neu auftretende Glieder einer Achse sich in die Lücken älterer stellen.

Wenden wir uns jetzt zu der Betrachtung der Entwicklung der Samenknospe.

In den Einzelfruchtknoten der Blüthe werden die Ovula (man vergl. Fig. 3, Taf. XVI) an den central in die Fruchtknotenhöhle ragenden Carpellrändern (bei *O*) in Längsreihen so angelegt, dass sich in jedem Fruchtknoten zwei derartige Reihen vorfinden.

Zum Studium der ersten Theilungsvorgänge, welche zur Bildung des Ovular-Höckers Anlass geben, empfehlen sich Längsschnitte durch die Placenta, resp. durch die ganze Blüthe. An solchen Präparaten lässt sich wahrnehmen, dass die erste leichte Erhebung der betreffenden Stelle der Placenta durch vorzugsweise in radialer Richtung erfolgende, räumliche Ausdehnung einiger subepidermalen Zellen veranlasst wird. Ueber diesen liegt die Epidermis, welche den normalen Bau beibehalten hat und unter passiver Dehnung neue radiale Wände einschiebt. Sowohl die erwähnten subepidermalen Zellen wie diejenigen der Epidermis zeichnen sich durch einen dichteren protoplasmatischen Inhalt aus.

Die ersten Theilungen der vergrösserten subepidermalen Zellen vollziehen sich sowohl in der Richtung der Oberfläche des Ovular-Höckers als auch senkrecht auf eine solche. Charakteristisch ist hierbei, dass nur eine Zelle der subepidermalen Lage bei der Entwicklung des Ovulums eine bedeutendere Rolle spielt, dass die ihr seitlich angrenzenden Zellen derselben Reihe entweder gar nicht oder nur in vermindertem Masse in Theilungen treten.

Die in dieser Hinsicht bevorzugte Zelle lässt an sich Kreuztheilungen, ähnlich denjenigen in der Embryonalkugel der höheren Gewächse, wahrnehmen, die seitlichen Zellen, zu denen unter Umständen auch eine solche der, die Epidermis mitgerechnet, dritten Lage der Placenta treten kann, zeigen ähnliche, wenn auch weniger vollständige Theilungen. Aus der erstgenannten Zelle gehen gewöhnlich acht, aus der einen oder andern seitlichen weit weniger Tochterzellen hervor. Letztere greifen nicht direct in die Bildung des Ovular-Höckers ein, sie geben, während die Derivate der bevorzugten Zelle mit der sie deckenden Epidermis aus der Placenta herauswachsen, mehr den basalen Theil der Neubildung ab.

Deutlicher wird das Gesagte durch die Betrachtung der betreffenden Zeichnung.

[1]) Celakovsky. Ueber den »eingeschalteten« epipetalen Staubgefässkreis. Flora, bot. Zeitung 1875, pag. 481.

Fig. 4, Taf. XVI gibt einen Längsschnitt durch den entstehenden Ovular-Höcker von *Sedum Aïzoon*. Bei *E* ist die Epidermis der Placenta gezeichnet, bei 1 und 2 liegt die erste wie die zweite subepidermale Zelllage, deren Reihenordnung unschwer verfolgt werden kann. In den tieferen Lagen wird diese Anordnung gestört, hier sind die Zellen weniger polyedrisch als rundlich gestaltet, ferner schliessen sie weniger dicht aneinander an.

Die Placentar-Anschwellung resultirt in einem Entwicklungsstadium, wie es Fig. 4, Taf. XVI gibt, vorzugsweise aus der Vergrösserung der subepidermalen Zellen. Eine der letzteren, diejenige, welche sich vorzugsweise an der Neubildung betheiligt (*a*, Fig. 4), hat eine Wand parallel der Oberfläche des Organs angelegt, zu welcher bald eine zweite (Fig. 5, Taf. XVI, bei *a*), senkrecht auf diese gestellte tritt. Mit einer dritten in ähnlicher Richtung — in Fig. 5, als in der Ebene der Zeichnung liegend, nicht sichtbar — sind aus jener Zelle acht Tochterzellen entstanden.

Die benachbarten Zellen der ersten Reihe theilen sich ebenfalls. In einer derselben (Fig. 5, neben *a*) finden wir eine Wand parallel der Oberfläche der Ovular-Anschwellung vor, in der unter dem Theilungsheerd gelegenen Zelle der dritten Reihe (*b*, Fig. 4 u. 5) sind ähnliche Theilungen wahrzunehmen.

Aus einem Entwicklungsstadium, wie es Fig. 6, Taf. XVI gibt, geht die dominirende Stellung der subepidermalen Zelle bei *a* deutlich hervor. Hier macht dieselbe räumlich bereits den grössten Theil der Placentar-Anschwellung aus, seitlich betheiligt sich in geringem Masse eine Zelle der ersten Lage. In beiden sind die Mutterzellwände stark, diejenigen der Tochterzellen schwach eingezeichnet.

Während bis jetzt die Placentar-Anschwellung einen etwa halbrunden Höcker darstellte, spitzt sich dieser im weiteren Verlauf der Entwicklung mehr zu, und es zeigt sich (man vergl. Fig. 7, Taf. XVI), dass jetzt unterhalb der Epidermis die Derivate der subepidermalen Zelle bei *a* (Fig. 4—6) gegenüber der früheren Anordnung verschieden orientirt sind. Damals fanden wir in dieser Zelle zwei Wände in der Richtung der Wachsthumsaxe des Ovular-Höckers, die von einer Querwand rechtwinklich durchschnitten wurden, jetzt ist mit der Zuspitzung der Ovular-Anschwellung durch Verschiebungen eine der acht Tochterzellen an die Spitze getreten (*a*, Fig. 7), die übrigen erscheinen ihr untergeordnet. Die Längswände liegen in der organischen Mitte des neuen Gebildes, die Querwände nehmen eine mehr anticline Richtung an.

Aus der erwähnten Abbildung geht zugleich hervor, dass im Wesentlichen nur die Tochterzellen der subepidermalen Zelle bei *a* (Fig. 4—6) den inneren Theil der Ovular-Anschwellung ausmachen, dass die durch die Theilung seitlicher oder gar tiefer liegender Zellen entstandenen Tochterzellen nicht direct in die Bildung eintreten, sondern nur deren basalen Theil (*b*, Fig. 7) abgeben.

Zum Studium der ersten Theilungen in dem Ovular-Höcker haben Längsschnitte durch die Blüthe, resp. die Placenta gedient. Querschnitte geben in den ersten Entwicklungsstadien ganz dieselben Bilder. Ein derartiger Schnitt ist in Fig. 8, Taf. XVI gezeichnet. Auch hier tritt eine Zelle an die Spitze des Gebildes (*a*), ihr unterstellt finden wir Zellen, welche ihre Querwände anticlin richten, deren Längswände sich zu einer radialen, allerdings gebrochenen Linie zusammenstellen lassen, welche die Wachsthumsaxe in sich aufnimmt und, in der Mitte des Ovular-Höckers liegend, diesen in zwei, in frühen Entwicklungsstadien gleiche Hälften theilt.

In Figur 8, Taf. XVI ist diese Mittellinie hervorgehoben, seitlich von derselben haben wir an der

Spitze des Organs gleiche Anzahl von Zellen. Geht man indessen nach den basalen Theilen vor, so bemerkt man, dass hier durch Einschieben von Wänden etwa in der Richtung der Längslinie des Gebildes eine einseitige Verstärkung des Füllgewebes des Ovular-Höckers stattgefunden hat. Diese leitet bereits in so frühen Entwicklungsstadien die Drehung des Ovulums von der atropen zur anatropen Form ein.

In Fig. 9 ist das schon deutlicher wahrnehmbar. Die früher mehr halbrunde Placentar-Anschwellung zeigt sich jetzt als zapfenförmiger Auswuchs, der schon eine leichte seitliche Biegung wahrnehmen lässt. Letztere ist veranlasst durch die ungleichmässige Ausbildung, welche die früher gleichen, durch die Mittellinie (von *a* nach *d*, Fig. 9) getrennten Hälften der Gesammtbildung erfahren haben. Durch ungleich stärkere Entwicklung der Seite bei *E*, durch die hier bedeutend lebhafter auftretenden Zelltheilungen wird eine Biegung des Zapfens nach *a* herbeigeführt, welche stetig fortschreitend die anatrope Form der Samenknospe veranlasst.

Am langsamsten scheint das Wachsthum an der Spitze des ganzen Organs vor sich zu gehen. Hier treten oft längere Zeit hindurch keine oder nur wenige Theilungen des Füllgewebes sowohl als der Epidermis auf, es liegen in Folge dessen zeitweise hier durch ihre Grösse auffallende Zellen (man vergl. *a*, Fig. 9). Weit lebhafter sind die Theilungsvorgänge in dem mittleren und in dem basalen Theil des Gebildes.

Ein vorgeschritteneres Stadium gibt Fig. 10, Taf. XVI. Auch hier hält die ungleichmässige Entwicklung der beiden Hälften des neuen Gebildes an, ja sie zeigt sich sogar noch stärker als früher. Bei *e* der genannten Figur treten die Theilungen mit grösserer Intensität auf, die Ovularanlage ist in Folge dessen noch weit stärker gedreht.

Von der Anlage eines oder mehrerer Integumente war seither nichts zu bemerken. In Entwicklungsstadien, wie sie Figur 11, Taf. XVI ausdrückt, beginnt deren Bildung. An den hier mit *f* und *g* bezeichneten Epidermiszellen treten Theilungen auf, welche ganz ähnlich denjenigen der subepidermalen Zelle sind, welche die Entstehung des Ovular-Höckers veranlasst haben. Auch hier finden wir Kreuztheilungen, die sowohl die Bildung des ersten wie des zweiten Integumentes zur Folge haben.

Die Zellen der Ovular-Epidermis, welche für die Entstehung der Integumente von Wichtigkeit sind, wurden bei stärkerer Vergrösserung in Figur 12 u. 13, Taf. XVI gezeichnet. Ihre Lage an der jungen Samenknospe geht aus der Vergleichung mit Figur 11 hervor. Bevor diese Epidermiszellen in die entsprechenden Theilungen eintreten, nehmen sie die doppelte bis dreifache Grösse der benachbarten unbetheiligten Zellen an, alsdann finden sich (man vergl. *f* u. *g*, Fig. 12) in ihnen radiale Wände sowohl wie solche, welche senkrecht auf diesen stehen, ein, so dass aus jeder der betreffenden Zellen zum mindesten vier Tochterzellen entstehen.

Ob hier durch zwei sich rechtwinklich schneidende Radialwände Octanten oder durch eine derartige Wand nur Quadranten gebildet werden, konnte ich, da eine Drehung des jungen Ovulums unter Beobachtung einer bestimmten Zelle nicht wohl ausführbar ist, nicht feststellen, doch möchte ich mich, da bei den verschiedensten Lagen des Objectes die hier in Betracht kommenden Zellen, falls sie nicht eben in Theilung getreten waren, radiale Wände sehen liessen, der ersten Ansicht zuneigen.

In Figur 12 u. 13 entsteht aus der Epidermiszelle bei *f* das erste, aus der bei *g* das zweite Integument. Die Kreuztheilungen in letzterer sind somit die jüngeren und, wie aus dem Vergleich mit Fig. 12 als dem frühsten Entwicklungszustand hervorgeht, noch die schärfsten. Später verwischt sich das, es tritt durch Verschiebung und ungleiches Wachsthum eine der Tochterzellen in den Vordergrund, die alsdann eine der dreiseitigen Scheitelzelle der Kryptogamen ähnliche Gestalt annimmt. Die zurückgebliebenen Schwesterzellen bilden den basalen Theil des oder der Integumente.

Die Art des Verschiebens der anfangs kreuzweise gestellten Wände, das schliessliche Dominiren einer einzelnen Zelle geht aus der Betrachtung der citirten Zeichnungen deutlich hervor. Eigenthümlich ist die Aehnlichkeit zwischen der Entstehung des Integumentes und derjenigen der Ovularanlage. Hier wie da sind es Zellen, welche in kreuzweise Theilung eintreten, in einem Falle finden solche ausschliesslich in der Epidermis, im anderen in der unter dieser liegenden Zellschicht statt. Bei den Integumenten stellt sich eine der so entstandenen Tochterzellen frei an die Spitze, bei dem Ovular-Höcker wird eine ähnlich gestaltete mit ihren Schwesterzellen noch von der Epidermis bedeckt.

Mit der ersten Anlage der Integumente (man vergl. Fig. 11, Taf. XVI) wird auch der Bau des jungen Ovulums ein massigerer. Diejenige Hälfte desselben, welche stark mit Theilungen in der Längsrichtung zurück war, holt das bis zu gewissem Grade nach, ohne indessen die gleiche Stärke der begünstigteren Seite zu erlangen. Der Funiculus *(F)* ist in einem solchen Entwicklungsstadium schon deutlich hervorgehoben, auch die Drehung des ganzen Gebildes hat wesentliche Fortschritte gemacht.

In Fig. 14, Taf. XVI nähert sich die Samenknospe ihrer endgültigen Gestalt. Die anatrope Form ist hier nahezu erreicht, der Träger des Ovulums bereits scharf ausgebildet. An der Anlage fällt gegenüber früheren Zuständen die Zunahme der Zellenzahl auf, endlich treffen wir einen zugespitzten Knospenkern, dessen spitzes Ende hier besonders desshalb so scharf hervortritt, weil die beiden Integumente *f* und *g* sich als Ringwulst hervorgewölbt haben und dieses zu überwachsen beginnen. Mit *f* ist das erste, mit *g* das zweite Integument bezeichnet. Beide besitzen an ihrer Spitze die charakteristisch gestalteten Anfangszellen und sind noch annähernd gleich stark entwickelt.

Anders gestaltet sich das, wenn wir ein etwas vorgeschritteneres Ovulum (im Längsschnitt in Fig. 15, Taf. XVI gezeichnet) betrachten. Hier ist das zweite Integument *(g)* über das erstangelegte *(f)* bereits hinausgewachsen und letzteres nur noch wenig sichtbar. Zugleich verschwand die spitze Hervorragung des Knospenkernes, sie wurde mit dem fortschreitenden Wachsthum der beiden Integumente mehr und mehr verdeckt.

Es ist bereits erwähnt worden, dass in frühen Entwicklungsstadien der Samenknospe deren Füllgewebe ungleichmässig gestaltet ist, dass eine Seite desselben (man vergl. Fig. 9 u. 10, Taf. XVI bei *a*) mit Theilungen besonders in der Längsrichtung der jungen Anlage zurückbleibt. Hierdurch wird in erster Linie die Drehung der Ovular-Anlage erzielt, endlich resultirt auch hieraus der gleichmässige Bau der ausgebildeten Samenknospe. Gerade die schwächer ausgebildete Seite der letzteren gelangt bei der Drehung an Theile des Trägers des ganzen Gebildes zu liegen und wird durch diese

(an der Raphe) so verstärkt, dass bei dem nahezu ausgewachsenen Ovulum eine median gelegte Linie etwa gleiche Stärke der betreffenden beiden Hälften des Ovulums wahrnehmen lässt.

Eine vollständig entwickelte Samenknospe gibt die Zeichnung 16, Taf. XVI. Die bei Fig. 15 noch nicht ganz beendigte Drehung zur anatropen Form ist hier vollkommen. Das Ovulum hat sich bedeutend in die Länge gestreckt, ferner zeigt sich sowohl in ihm wie in dem Funiculus ein Gefässstrang *(Fb)*. Durchzogen ist das ganze Gebilde von dem schlauchförmigen Embryosack *(E)*.

Ueber die Entstehung des letzteren würde Folgendes zu bemerken sein.

Wir haben bereits gesehen, dass an der Spitze der Ovular-Anlage das langsamste Wachsthum stattfindet, dass hier durch zeitweises Unterbleiben von senkrechten oder zur Wachsthumsaxe geneigten Theilungen subepidermale Zellen von auffallender Grösse zu liegen kommen (*a*, Fig. 9 u. 10). Diese theilen sich später, und es entsteht aus einer der neugebildeten Tochterzellen, die gewöhnlich weder direct der Ovular-Epidermis anliegt, noch sich genau in der Mittellinie des ganzen Organs befindet, der Embryosack.

In Fig. 15, Taf. XVI ist diese Zelle bei *E* deutlich sichtbar, sie hebt sich durch ihren dichteren protoplasmatischen Inhalt von den umgebenden Zellformen scharf ab. Ueber ihr liegt hier noch die Epidermis der Ovular-Spitze, etwas seitlich treffen wir einige Zellen des Füllgewebes.

In späteren Entwicklungsstadien nimmt die so bevorzugte Zelle bedeutend an Umfang zu, sie wächst in der Längsrichtung der Samenknospe und verdrängt hierbei eine Anzahl Zellen. Unter diesen befinden sich auch diejenigen der Ovular-Spitze. In ausgebildetem Zustand liegt der Embryosack direct der Mikropyle an.

Zur genaueren Beobachtung der Entstehungsvorgänge der Zellen in dem Embryosack geben die Ovula der Sedum-Arten ein nur wenig brauchbares Material ab. In Folge ihrer nicht unbedeutenden Grösse und geringen Durchsichtigkeit ist es nicht wohl möglich, Bestimmteres über Zahl und Lage der Keimzellen festzustellen. Ich unterlasse daher genauere Angaben in dieser Richtung.

Bei der Entstehungsgeschichte des Ovulums dürften die ersten in der subepidermalen Lage erfolgenden Theilungen von besonderem Interesse sein. Wie wir sahen, treten im Allgemeinen nur wenige Zellen — es sind das die Derivate einer sich kreuzweise theilenden Zelle — in die Neubildung ein. Von diesen wird, unter der passiv gedehnten Epidermis, eine an die Spitze der jungen Ovularanschwellung gebracht, die anderen ordnen sich derselben unter und richten ihre auf die organische Längsaxe gestellten Querwände anticlin. Weitere Theilungen erfolgen entweder in der letztgenannten Richtung oder in derjenigen der Längsaxe. In letzterem Falle werden die bereits vorhandenen Reihen des Füllgewebes verdoppelt und verdreifacht.

Es ist eine Folge dieser Entstehungsweise, dass unter der Epidermis der jungen Ovular-Anlage kein aus peri- und anticlinen Wänden schichtenförmig geordnetes Füllgewebe vorhanden ist. Wir finden in dieser Hinsicht keine Uebereinstimmung mit den Protuberanzen der Vegetationspunkte höherer Gewächse, aus welchen Seitensprosse oder stärkere Blattorgane hervorgehen. Während bei diesen durch Theilung einer Anzahl subepidermaler Zellen periblematische Mantellagen construirt werden, die einen unregelmässig gestalteten Pleromkörper umschliessen, und somit ein anatomisches

Gesammtbild geschaffen wird, das demjenigen des Vegetationspunktes, aus welchem die seitliche Verzweigung entstanden ist, ähnelt, zeigt der secundäre Vegetationspunkt, welcher bei der Ovular-Anlage an der Placenta auftritt, einen weit einfacheren Bau; von periblematischen Mantellagen ist an ihm wenig zu bemerken.

Zwischen den beiden eben verglichenen Neubildungen liegt sonach weder eine entwicklungsgeschichtliche noch eine anatomische Uebereinstimmung vor. Man wird überhaupt, falls man von der Entstehungsgeschichte ausgeht, bei der Bildung seitlicher Glieder, ganz abgesehen von deren morphologischer Werthigkeit, mehrere Fälle unterscheiden können. In deren einem geht unter passiver Dehnung und radialer Theilung der Epidermis die Neubildung in grösserem Masse von subepidermalen Zellen aus, in anderen sind die letztgenannten Schichten nur in geringem Umfang daran betheiligt. Auf der äussersten Stufe stehen alsdann diejenigen Bildungen, welche ihren Ursprung lediglich aus der Epidermis nehmen.

In neuester Zeit hat Sachs[1]) für wachsende Gewebemassen das Princip der rechtwinkligen Schneidung der neu entstehenden Zellwände aufgestellt. Das Zellhautnetz der Vegetationspunkte des Stammes besteht demnach aus einem System sich kreuzweise schneidender Peri- und Anticlinen. Erhebt sich aus einem solchen Vegetationspunkt ein neuer, so wölben sich hier die periclinen Wände nach aussen vor, die Anticlinen biegen, um mit jenen die rechtwinklige Schneidung beizubehalten, so nach auswärts, dass sie nach dem Scheitel der Protuberanz convex werden[2]). Im späteren Verlauf kann der secundäre Vegetationspunkt wieder in den normalen, confocalen übergehen.

Hier sind eine Anzahl subepidermaler Zellen an der Neubildung betheiligt. Es fragt sich nun, wie gestaltet sich der Bildungsprocess, wenn nur wenige oder gar nur eine derselben in die seitliche Verzweigung eintritt. Hierauf gibt uns die Entwicklungsgeschichte des Ovulums von *Sedum Aïzoon* Antwort. Auch hier ist das Princip der rechtwinkligen Schneidung gewahrt, und, während die Epidermis der Placenta sich nach aussen wölbt und radiale Wände einschiebt, tritt in einer subepidermalen Zelle eine scharfe Kreuztheilung auf. Da in Folge des einfachen Baues des Ovular-Höckers sich nur die so entstandenen Octanten an der Neubildung betheiligen, so wird deren erste Wandrichtung nicht beibehalten. Durch Verschiebungen ändert sich diese, eine der Tochterzellen tritt an die Spitze des Füllgewebes und stellt ihre Wände anticlin zu dem zapfenförmigen Auswuchs, welcher Richtung sich alsdann die Querwände der ihr unterstellten Zellen anschliessen. Periclinen sind in erster Zeit nur an der Epidermis des jungen Gebildes vorhanden, später entstehen auch neue in der Längsrichtung der Ovular-Anlage, ohne dass diese indessen an der Spitze des Gebildes zusammenschliessen und hier Mantellagen construiren.

Die deutlichsten Kreuztheilungen treffen wir endlich an den Integumenten, welche bei *Sedum Aïzoon* ausschliesslich aus der Epidermis hervorgehen.

Wir haben gesehen, dass die betreffenden Zellen der Ovular-Epidermis sich erst in radialer, dann in einer auf dieser senkrechten Richtung theilen. Eine der so entstandenen Tochterzellen tritt

[1]) Sachs. Ueber die Anordnung der Zellen in jüngsten Pflanzentheilen. Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg, Band II, Heft I. — [2]) a. a. O. pag. 82.

dann ebenfalls an die Spitze und wächst zum Integument aus, während die anderen dessen Basis bilden und sich nur in beschränktem Masse an seinem Wachsthum betheiligen. Die Anfangszelle besitzt die Gestalt einer dreiseitigen Scheitelzelle, die ihr unterstellten legen im weiteren Verlauf der Entwicklung ebenfalls zur Wachsthumsrichtung schiefe, anticlin geneigte Wände an.

Es würde nun nicht uninteressant sein zu vergleichen, inwieweit die hier für *Sedum Aïzoon* gegebene Entwicklungsgeschichte eine allgemeine Geltung besitzt, zu sehen, ob es möglich ist, einestheils die Integumente der Samenknospen anderer Pflanzenfamilien, anderntheils diejenigen seitlichen Auszweigungen, welche sich aus der Epidermis entwickeln, hier anzureihen.

Nach Sachs[1]) gehen bei den *Orchideen* die Eihüllen aus der Epidermis hervor. In der Dermatogenzelle bei *ii* IV, Fig. 397 sind die charakteristischen Kreuztheilungen scharf eingezeichnet. Auch das spätere Dominiren einer Anfangszelle, sowie die schiefe Stellung der Querwände der ihr unterstellten Zellen ist aus den Figuren V u. VI deutlich zu entnehmen.

Strasburger[2]) gibt für *Gymnadenia conopea* und mehrere andere *Orchideen* an, dass die Integumente aus einer Epidermiszelle entstehen. Gleiches ist der Fall bei dem starken Integument von *Centaurea nervosa*[3]), dessen Bildung durch Dermatogenzellen eingeleitet wird, an dessen Aufbau sich später aber noch Zellen der nächstfolgenden Schicht betheiligen. Ausschliessliche Dermatogenbildungen sind nach demselben Autor die Eihüllen von *Anthericum ramosum, Primula chinensis* und *Lysimachia verticillata*[4]).

Nach Warming[5]) bildet sich das obere Integument von *Ribes nigrum* ebenfalls aus der Epidermis[6]).

Recht deutlich hat Barcianu[7]) an der Samenknospe von *Gaura biennis* die ersten Theilungen bei der Entstehung des inneren Integumentes gezeichnet. An einer zuvor radial gestreckten Epidermiszelle treten Theilungen in radialer und tangentialer Richtung auf. Wir finden hier eine Gruppe von vier Tochterzellen, in deren neben einander liegenden Paaren sich die Theilungen entweder parallel oder etwas gegen die tangentiale Wand geneigt wiederholen.

An der Entstehung und weiteren Entwicklung des inneren Integumentes von *Oenothera biennis* betheiligt sich nach Kny[8]) ausschliesslich das Dermatogen.

Gegenüber den eben angeführten Fällen stehen nun auch andere, in welchen nicht nur die Epidermis, sondern auch die unter ihr liegende Zellschicht an dem Aufbau des Integumentes Theil

[1]) Sachs. Lehrbuch der Botanik. IV. Auflage, pag. 554. — [2]) Strasburger. Die Coniferen und die Gnetaceen, pag. 421. — [3]) pag. 418. — [4]) pag. 420. — [5]) Botanische Zeitung 1874, pag. 467. — [6]) Die in neuester Zeit erschienene ausführliche Arbeit Warming's *„de l'ovule"*, *Annales des sciences naturelles 1878*, erhielt ich durch die Freundlichkeit des Verfassers noch vor Vollendung des Druckes der vorliegenden Arbeit. In Bezug auf die Entstehung der sich aus dem Dermatogen entwickelnden Integumente möchte ich hier auf dessen Zeichnungen 16, Taf. 7 *(Passiflora virens)*, 6, Taf. 8 *(Peperomia)*, 5, 6, 14, 26, Taf. 10 *(Papaver Argemone, Viola tricolor, Sparmannia africana)* und 14, 15, Taf. 11 *(Convallaria Polygonatum)* verweisen, an welchen die ersten Kreuztheilungen, sowie die spätere Orientirung der so entstandenen Tochterzellen ebenfalls deutlich verfolgt werden können. — [7]) Barcianu. Untersuchungen über die Blüthenentwicklung der Onagraceen, pag. 118. Taf. VII, Fig. 21—24. Mittheilungen aus dem Gesammtgebiet der Botanik, von Schenk und Luerssen, II. Band. — [8]) Kny. Wandtafeln II. Abtheilung. Taf. XIX, Text pag. 54.

nimmt. So greifen nach Strasburger Periblemzellen in die Eihülle von *Delphinium elatum* ein. Gleiches geschieht bei dem äusseren Integument von *Aconitum Napellus,* sowie nach Barcianu und Kny bei der gleichen Bildung von *Gaura, Cuphea viscosissima*[1]) und *Oenothera biennis.*

Eine einheitliche Entstehung der Integumente, wie wir sie bei *Sedum Aïzoon* gefunden haben, darf somit nach dem eben Angeführten nicht angenommen werden. Diese Bildungen können ausschliesslich aus der Ovular-Epidermis hervorgehen, sie können aber auch ähnlichen Ursprungs sein wie die Samenknospe, an der sie sich entwickeln.

Berücksichtigen wir zunächst den letztgenannten Fall nicht, ziehen wir zum Vergleich mit den schwächer gebauten Integumenten die lediglich aus Epidermiszellen entstehenden Haargebilde und Stacheln heran.

Nach Uhlworm[2]) entwickelt sich der ziemlich starke Stachel von *Rubus Hofmeisteri*[3]) aus einer Epidermiszelle, die sich aus ihrem Verband herauswölbt und (man vergl. Fig. 2) eine radiale Wand anlegt. Dieser folgen tangentiale (Fig. 3), so dass auch hier in der betreffenden Zelle deutliche Kreuztheilung wahrzunehmen ist. Eine der so entstandenen Tochterzellen stellt sich unter Annahme der bekannten Gestalt an die Spitze des Stachels, die Querwände der dieser untergeordneten Zellen richten sich anticlin, so dass (man vergl. Fig. 6) hier eine nicht zu verkennende Aehnlichkeit mit den Eihüllen des Ovulums von *Sedum Aïzoon* vorhanden ist. Erst in späteren Entwicklungsstadien geht diese in Folge der stärkeren Ausbildung des Stachels verloren.

Auf ähnliche Weise entstehen nach Warming[4]) die Pappushaare von *Senecio vulgaris.* Auch hier treffen wir Kreuztheilungen in dem aus der Epidermis herauswachsenden Haar[5]), das in ausgebildeterem Zustand (man vergl. Fig. 10, pag. 30) an seiner Basis aus vier Zellen besteht, an seiner Spitze deren gewöhnlich weniger besitzt. Besonders deutlich ist die Entwicklung dieser Haare in einer späteren Arbeit[6]) desselben Autors gegeben. Die Figuren 13, 14, 25, 18, Taf. V lassen die für die genannten Gebilde typischen Theilungen sehen. Auch die Haarbildungen am Fruchtknoten von *Senecio*[7]) scheinen sich auf dieselbe Art zu entwickeln.

Endlich schliessen sich auch die Köpfchenhaare von *Rubus fruticosus* und *cæsius*[8]) hier an.

Es würde zu weit führen, noch weitere Belege für die gemeinsame Entstehungsart epidermaler Gebilde herbeizuziehen. Das hier Gegebene dürfte genügen, um zu zeigen, dass zwischen den dem Dermatogen entspringenden Integumenten und den sich aus der Epidermis entwickelnden Haar- und ähnlichen Gebilden entwicklungsgeschichtlich eine Uebereinstimmung besteht.

Wenden wir uns jetzt zu denjenigen seitlichen Auszweigungen, bei deren Entstehung die subepidermale Zelllage wohl betheiligt ist, bei der indessen einige oder gar nur eine Zelle derselben die Neubildung veranlassen.

[1]) Schenk und Luerssen, II. Band, pag. 192. — [2]) Uhlworm. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Trichome. Botanische Zeitung 1873, pag. 757. — [3]) Fig. 1—9, Taf. IX. — [4]) *Om Forskjellen mellem Trichomer og Epiblastemer af höjere Rang.* — [5]) Fig. 5 u. 6, pag. 30. — [6]) Warming. Die Blüthe der Compositen. (Hanstein. Botanische Abhandlungen, Band III, Heft II). — [7]) Fig. 12, Taf. V. — [8]) Delbrouck. Die Pflanzenstacheln. (Hanstein. Botanische Abhandlungen, Band II, Heft IV, Taf. III, Fig. 89—94).

Hierher gehört in erster Linie die Samenknospe selbst.

Nach Strasburger[1]) nehmen eine, seltener zwei subepidermale Zellen an der Bildung des Ovular-Höckers von *Delphinium elatum, Monotropa Hypopithys, Gymnadenia conopea* u. a. Theil. Bei *Primula chinensis, Lysimachia verticillata* sind es dagegen meist zwei, welche in die Neubildung eingreifen. In einem wie im anderen Falle nehmen dieselben an Grösse zu, halbiren sich durch eine Wand parallel der Ovular-Anschwellung und heben dadurch die Epidermis der Placenta in die Höhe.

Ueber *Ribes nigrum* schreibt Warming[2]):

„Durch vorzugsweise tangentiale Theilungen einer Gruppe von Zellen, welche gleich unterhalb der zwei ersten Zellschichten der Placenta liegen, entsteht ein halbkugeliger oder bald cylindrisch-konischer Höcker."

Ebenso ist eine bedeutendere Zahl von subepidermalen Zellen nach Kny[3]) an der Ovular-Anschwellung von *Oenothera biennis* betheiligt.

Bei dem Uebergang des in der Mitte des jungen Fruchtknotens liegenden eigentlichen Sprossscheitels von *Peperomia* in die Ovular-Anlage verliert derselbe nach Schmitz[4]) die alte Gewebedifferenzirung. Wie die Abbildungen Fig. 2 u. 3, Taf. II, ferner Fig. 6, Taf. IV *(Pothomorphe sidifolia)* lehren, gehen zunächst wenige subepidermale Zellen unter radialer Streckung in Theilungen über, welche von Quadrantentheilungen nicht sehr verschieden sind.

Auch für die Blüthenentwicklung der Compositen[5]) gilt Aehnliches. Die in Figur 31, Taf. X gegebene Zeichnung des Ovular-Höckers von *Broteroa trinervata* spricht nicht gegen die Deutung, dass auch hier Kreuztheilungen in vorzugsweise einer Zelle der subepidermalen Lage die Ovular-Anschwellung veranlassen.

Während somit von Warming[6]) und Kny mehr auf eine quantitativ bedeutendere Betheiligung der subepidermalen Zellen der Placenta hingewiesen wird, ist dies nach den Zeichnungen von Schmitz und Haenlein weniger der Fall. Nach Strasburger endlich kann (*Delphinium, Monotropa* u. a.) eine einzige subepidermale Zelle die Bildung des Ovular-Höckers veranlassen. Dass

[1]) a. a. O. pag. 415.

[2]) Botanische Zeitung 1874, pag. 465.

[3]) a. a. O. pag. 53.

[4]) Schmitz. Die Blüthenentwicklung der Piperaceen. Hanstein, botanische Abhandlungen, Band II, Heft I.

[5]) Haenlein. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Compositenblüthe. Schenk und Luerssen, Mittheilungen aus dem Gesammtgebiete der Botanik. Band II, Heft I.

[6]) In seiner neueren Arbeit *(de l'ovule)* schreibt Warming pag. 2 des Separatabzugs:

„Dans les ovules très-petits, comme ceux du Gesneria, deux ou trois cellules sous-épidermiques seules se divisent; j'ignore si ces quelques cellules dérivent d'une seule primordiale.

D'autres fois les divisions cellulaires s'opèrent surtout dans la troisième assise (la deuxième au-dessous de l'épiderme). Exemples: Ribes, Viola, Ficaria, Geum, Lamium, Symphytum, Verbascum etc. L'assise qui touche immédiatement à l'épiderme est simplement soulevée sans que ses cellules se divisent autrement que par des cloisons radiales.

Enfin, il est de cas où la deuxième et la troisième assise subissent le même sort, soit que les cellules se rangent nettement en assises, soit qu'elles se distribuent sans ordre et se multiplient de même, sans aucune régularité. Exemples: Malva, Pisum etc."

für die Ovular-Anlage bei *Sedum Aïzoon* nur eine derartige Zelle von wesentlicher Bedeutung ist, geht aus der oben gegebenen Entwicklungsgeschichte hervor; dass ihr seitlich angrenzende Zellen sich in untergeordnetem Masse betheiligen können, wurde ebenfalls daselbst hervorgehoben. Immer ist der Bau des jungen Gebildes ein sehr einfacher. Weitere Untersuchungen über diesen Gegenstand werden nun zeigen müssen, ob, wie es nach Warming und Kny für die oben bezeichneten Fälle den Anschein hat, die Betheiligung einer Anzahl subepidermaler Zellen bei der Ovular-Entwicklung in einer Reihe anderer Pflanzenfamilien constatirt werden kann, oder ob die verhältnissmässig einfachere Anlage des jungen Gebildes, wie wir sie bei *Sedum Aïzoon* kennen gelernt haben und wie sie auch durch die Arbeiten von Strasburger, Schmitz und Haenlein gegeben wird, die in der Regel vorkommende ist. Von vornherein wird nach dem vorliegenden Untersuchungsmaterial wohl keine einheitliche Entwicklung zu erwarten sein. Wie bei den Integumenten Formen vorkommen, die ausschliesslich der Epidermis entspringen, ferner solche, welche massiger und unter Betheiligung subepidermaler Zellen aufgebaut sind, so könnten auch stärker angelegte Samenknospen bei ihrer Entwicklung zu dem Typus zurückgreifen, welcher mehr den Seitensprossen oder den stärkeren Blattorganen eigen zu sein pflegt. Es könnten alsdann an Stelle einer einzigen sich kreuzweise theilenden subepidermalen Zelle deren mehrere sich in einer Art theilen, dass an dem secundären Vegetationspunkt eine oder mehrere periblematische Mantellagen erzeugt werden.

Wie wir nun oben den verhältnissmässig einfach gebauten Integumenten die der Epidermis entspringenden Haar- und ähnliche Bildungen gegenüber gestellt haben, so wollen wir auch jetzt den einfach angelegten Samenknospen ähnlich entstehende seitliche Verzweigungen, bei welchen die periblematischen Zelllagen nur untergeordnet betheiligt sind, vergleichsweise anreihen. Als solche Gebilde wären zu bezeichnen die verschiedenen Bestandtheile der Blüthe, die Emergenzen, die Stacheln etc.

Nach Uhlworm[1]) entstehen die Stacheln von *Datura Stramonium* aus der subepidermalen Zellschicht. Auch hier scheinen es Kreuztheilungen nur weniger Zellen zu sein (man vergl. Fig. 56, Taf. X), welche die Anlage des jungen Gebildes veranlassen. Ebenso dürften sich die Warzen des Fruchtknotens von *Euphorbia aspera*, welche derselbe Autor hier in vorgerückteren Entwicklungsstadien gezeichnet hat (Fig. 66 u. 67, Taf. X), anschliessen lassen.

Sehr klar sind die ersten Theilungen ähnlicher Gebilde von Warming[2]) abgebildet worden. Hier müssen besonders die Barthaare von *Menyanthes trifoliata* Erwähnung finden, welche bei ihrer Anlage deutliche Kreuztheilung einer subepidermalen Zelle (Fig. 5, Xyl. I, pag. 4) sehen lassen. Ein derartiges junges Haar gleicht hier nahezu vollständig dem jungen Ovular-Höcker, wie er von *Sedum Aïzoon* in Fig. 7, Taf. XVI der vorliegenden Arbeit gezeichnet worden ist.

Aehnliches gilt von den Drüsenhaaren von *Drosera rotundifolia*. Bei deren Bildung begegnen wir (man vergl. Fig. 2, Xyl. III, pag. 11) ebenfalls Quadrantentheilungen einer periblematischen Zelle, zu welcher noch die tangentiale Theilung einer seitlichen ähnlichen Zelle tritt, ohne dass je-

[1]) Botanische Zeitung 1873, pag. 801 ff.

[2]) Warming. *Om Forskjellen mellem Trichomer og Epiblastemer etc.*

doch die Tochterzellen der letzteren zunächst wesentlichen Antheil an der Neubildung selbst nehmen. Auch hier finden wir eine Zelle an die Spitze des Füllgewebes gestellt (Fig. 4 u. 5), die ihr unterstellten Querwände sind annähernd anticlin zu der Protuberanz gerichtet.

Delbrouck[1]) zeichnet ebenfalls bei den entstehenden Stacheln von *Rosa* auf's deutlichste die Kreuztheilung in eine vorher stark gewachsene subepidermale Zelle (man vergl. Fig. 76, Taf. III) ein. Trotz der hier später erfolgenden, sehr bedeutenden Zunahme des Füllgewebes lässt sich (Fig. 77) immer noch die anticline Orientirung der Querwände der Mutterzellen verfolgen. Auch die Köpfchenhaare von *Ribes rubrum* (Fig. 105, Taf. IV) und *Ribes Grossularia* (109, Taf. IV) sind, obwohl einfacher gebaut, ähnlichen Ursprungs. An der Spitze des Füllgewebes steht hier eine mit anticlin geneigten Querwänden versehene Zelle.

In der späteren Arbeit Warming's[2]) ist die Entstehung des Pappus-Körpers der Compositen ausführlich behandelt. Wir finden in den Figuren 14, 15 u. 17, Taf. IV *(Lappa tomentosa)*, ferner 8 u. 37, Taf. V *(Senecio vulgaris* u. *Cineraria palustris)* sowohl die charakteristische subepidermale Quadrantentheilung, als auch die eigenthümliche spätere Stellung der durch sie entstandenen Tochterzellen.

Erwähnenswerth erscheint endlich noch der hier anschliessende Bau der jungen Spreuborste von *Cirsium arvense*[3]).

Aehnlich den Stacheln, Emergenzen etc. werden auch einzelne Blüthentheile angelegt.

Nach Warming[4]) deutet der Bau der jungen Kronblattanlage von *Senecio vulgaris* (Fig. 2 u. 3, Taf. V), noch mehr derjenigen von *Antennaria dioica* (Fig. 2, Taf. VIII) auf eine der Ovularanschwellung von *Sedum Aïzoon* ähnliche Entstehung hin.

In weit höherem Masse gilt das von den Deckblättern von *Peperomia*[5]), deren Anlage (man vergl. Fig. 2, Taf. I bei II) von den tangentialen Theilungen zweier oder den Kreuztheilungen einer subepidermalen Zelle ausgeht, bei deren weiterer Ausbildung (Fig. 4 u. 5, Taf. I) nur wenige der entstandenen Tochterzellen in die Neubildung eintreten. Auch die Staubblätter von *Enckea Amalago* (Fig. 14, Taf. II) dürfte nach demselben Autor ähnlichen Ursprungs sein. Ferner ergibt sich bei dem Aufbau des Fruchtknotens von *Artanthe recurva* (Fig. 16, Taf. III bei II) gleichfalls nur eine sehr geringe Betheiligung des Periblems.

Schöne Beispiele für die Entstehung der fraglichen Bildungen lassen sich endlich der Barcianu'schen Blüthenentwicklung der *Onagraceen*[6]) entnehmen.

An der Blüthenaxe von *Circaea lutetiana* wird die Anlage der Kelchblätter durch tangentiale Theilung einer subepidermalen Zelle eingeleitet (Fig. 3, Taf. VII auf der linken Seite der Zeichnung bei *s*). An der entgegengesetzten Seite der betreffenden Figur, als dem Entstehungsorte des opponirten Kelchblattes, finden wir dagegen unter der noch schwachen Anschwellung Quadrantentheilung

[1]) Die Pflanzenstacheln. (Hanstein. Botanische Abhandlungen, II. Band). — [2]) Warming. Die Blüthe der Compositen. — [3]) Taf. I, Fig. 27, 28. — [4]) Warming. Compositenblüthe. — [5]) Schmitz. Die Blüthenentwicklung der Piperaceen. — [6]) Mittheilungen aus dem Gesammtgebiete der Botanik von Schenk u. Luerssen. Band II.

(bei *s*). In allen seither vergleichsweise herangezogenen Fällen liessen die subepidermalen Quadranten auch die Deutung zu, dass sie nicht aus der Kreuztheilung einer, sondern den tangentialen Theilungen zweier benachbarter Periblemzellen entstanden. Die letztere Ansicht war wohl im Hinblick auf diejenigen Theilungsvorgänge, welche sich bei der Bildung stärkerer secundärer Vegetationspunkte unter quantitativ bedeutender Betheiligung des Periblems vollziehen, die vorherrschendere. Aus der genaueren Betrachtung der Barcianu'schen Zeichnung 4, Taf. VII, lässt sich nun bereits die erstere Ansicht ableiten. An dem auf der rechten Seite der Zeichnung entstehenden Kelchblatte bei *s*, finden wir eine periblematische Zelle, die sich zunächst tangential getheilt hat, bei der die folgende Radialtheilung dagegen insofern noch eine unvollständige gewesen ist, als sie nur in der äussersten Tochterzelle auftrat, in der unteren, der Mitte des Organs zugekehrten dagegen fehlt. Es ergibt sich hieraus, dass, übereinstimmend mit den entsprechenden Theilungsvorgängen gelegentlich der Ovular-Entstehung bei *Sedum Aïzoon*, nur eine subepidermale Zelle die Mutterzelle der Quadranten bildet. Bei der zum Theil in den einzelnen, seither citirten Zeichnungen zu Tage tretenden Schärfe der in Frage kommenden Kreuztheilungen wird die Folgerung gerechtfertigt sein, dass auch hier ein ähnliches Verhältniss obwaltet.

Auch für die Entstehung der Stamina einestheils, der Carpiden anderntheils dürfte Aehnliches gelten. Die von Barcianu gezeichneten Blüthenlängsschnitte von *Epilobium Dodonaei*[1]) lassen an betreffender Stelle Kreuztheilungen wahrnehmen, zu denen noch bei den Carpiden (bei *c*, Fig. 10) Tangentialtheilung einer benachbarten Zelle hinzutritt.

An die eben betrachteten Blüthenblätter können wir diejenigen Laubblätter anreihen, welche nur eine schwache Ausbildung bei sehr einfachem anatomischem Bau erlangen. So die Laubblätter von *Hippuris vulgaris*, die nach den Zeichnungen Warming's[2]) eine den zuletzt betrachteten Organen ähnliche Structur (man vergl. Fig. 2 u. 3) besitzen und deren Entstehungsweise eine mit diesen übereinstimmende sein dürfte. Endlich lassen sich hierher vielleicht noch die schuppenförmigen Blattorgane von *Cuscuta* und ähnliche Bildungen stellen.

Das bisher Angeführte dürfte wohl beweisen, dass das Princip der rechtwinklichen Schneidung für die hier in Frage kommenden Bildungen gewahrt ist. Bei der Entstehung secundärer Vegetationspunkte gingen wir von den Fällen aus, bei welchen die subepidermale Zelllage (z. B. bei Seitensprossen, stärkeren Blattorganen) in hervorragendem Masse und in einer Art betheiligt war, wie sie oben näher geschildert wurde. Diesem Modus wurde derjenige angereiht, bei welchem nur wenige oder gar nur eine Zelle der fraglichen Lage die Neubildung veranlassen und mit ihren Derivaten in diese eintreten. Ausgehend von der genau studirten Entstehung des Ovulums gestattete die Literatur, hier die schwachen Laubblätter, die verschiedenen Blüthenblätter, die Stacheln, Emergenzen und ähnliche Bildungen anzuschliessen. Die über diese vorhandenen Zeichnungen liessen es sehr wahrscheinlich erscheinen, dass auch hier die Quadrantentheilung einer subepidermalen Zelle den Anlass zur Anlage der fraglichen Organe gibt, dass unter passiver Dehnung der deckenden Epidermis die so

[1]) Fig. 7 u. 10, Taf. VII. — [2]) Compositenblüthe, Taf. IX, 1—7.

entstandenen Tochterzellen unter anticliner Richtung ihrer Querwände in die Protuberanz eintreten, während unvollständige Theilungen der einen oder anderen subepidermalen Nachbarzelle nur von untergeordneter Bedeutung sind.

Auf der äussersten Stufe standen alsdann die Dermatogenbildungen. Auch hier trat (man vergl. die Entstehungsweise der Integumente der Samenknospe von *Sedum Aïzoon*) die typische Kreuztheilung scharf hervor. Aehnlich den schwächer gebauten Eihüllen entwickelten sich die Haare der Blüthen, schwache Stacheln etc.

Bei den seitherigen Betrachtungen ist die morphologische Seite absichtlich ausser Acht gelassen worden. Die Entstehungsgeschichte gibt keine positiven Anhaltspunkte für die spätere Ausbildung, für die morphologische wie physiologische Werthigkeit eines Organs. Es handelte sich hier mehr darum, das Princip der rechtwinkligen Schneidung auch auf diejenigen seitlichen Bildungen zu übertragen, welche entweder in untergeordnetem Masse oder gar nicht aus subepidermalen Zellen entstehen. Hierbei ergab sich, dass deren Bildung eine einheitlichere ist, als das im voraus erwartet werden konnte.

Es bleibt uns jetzt noch übrig, auf die Differenzirung der ursprünglichen Ovular-Anlage in Eikern, Integumente etc. einzugehen.

Sowohl durch Brongniart[1]) als durch Cramer[2]) ist die Ansicht vertreten, dass der Eikern als eine Neubildung auf der ursprünglichen Anlage aufzufassen sei.

Cramer sagt hierüber[3]):

„Wie das ganze mit Eikern und Eihüllen versehene Ei an der Placenta, so entsteht auch der Eikern, gleichviel ob später mit oder ohne Eihüllen, am Funiculus . . .“

Einen ähnlichen Standpunkt nimmt Warming ein. Nach dessen Untersuchungen[4]) an *Ribes nigrum* u. a. ist „der ganze Nucleus, d. h. der oberhalb des obersten Integumentes liegende Theil des Eichens, eine Art von Neubildung auf dem primären Ovular-Höcker, indem er durch Zelltheilungen in der subepidermidalen Schicht desselben und Emportreibung des Dermatogens zu Stande kommt“.

Hierbei muss vorausgeschickt werden, dass nach den Untersuchungsresultaten des genannten Autors die Ovular-Anschwellung in erster Linie durch Theilungen in der dritten Placentar-Lage veranlasst wird, dass die subepidermalen Zellen sich erst radial vergrössern, später tangentiale Theilungen eingehen und so eine Kappe construiren, die von Warming als Neubildung aufgefasst wird und aus der nach Analogie der Antherenfächer der Eikern und in ihm der Embryosack entsteht[5]).

[1]) *Examen de quelques cas de monstruosités végétales propres à éclairer la structure du pistil et l'origine des ovules. Ann. d. sc. nat. III. Sér.* II. Band, 1844.

[2]) Bildungs-Abweichungen bei einigen wichtigeren Pflanzenfamilien und die morphologische Bedeutung des Pflanzeneies.

[3]) pag. 127.

[4]) Botanische Zeitung 1874, pag. 467.

[5]) Ausführlicheres über diese Ansicht findet man in der neuesten Arbeit Warming's über diesen Gegenstand *(de l'ovule)*. Hier heisst es (pag. 25): „. . . . *le nucelle naît sur le mamelon ovulaire, ainsi que le disait déjà M. Cramer*“. In den zugehörigen Zeichnungen sind die radialen Streckungen subepidermaler Zellen, sowie die hier später erfolgenden tangentialen Theilungen, welche die Bildungen des Eikerns veranlassen, hervorgehoben. — Mit der Entstehung des Ovular-Höckers von *Sedum Aïzoon* stimmt diejenige der sehr einfach gebauten Samenknospen von *Gesneria hybrida* am meisten überein. Hier be-

Diesen Ansichten stehen indessen andere gegenüber.

So ist es besonders Strasburger[1]), welcher der Auffassung, als sei der Eikern eine Neubildung an der Samenknospe, entgegentritt. Durch die Untersuchung der Ovula einer Anzahl von Pflanzen gelangte derselbe zu dem Resultat, „. . . dass in allen Fällen der Scheitel der Samenknospenanlage zum Nucleus wird und dass die Integumente unter demselben entstehen".

Zu ähnlichen Schlüssen kamen auch Magnus[2]), Barcianu[3]), Haenlein[4]) und Kny[5]).

Für die Ovula der Gattung *Sedum* muss ich, wie aus der oben gegebenen Entwicklungsgeschichte hervorgeht, den letztgenannten Autoren in dieser Frage beitreten. Es liegt hier kein stichhaltiger Grund zu der Annahme einer Neubildung an der Spitze der Ovular-Anschwellung vor, diese selbst wird zum Nucleus der Samenknospe.

Wenden wir uns jetzt zu denjenigen Vorgängen, welche nach vollzogener Befruchtung in der Samenknospe eintreten.

Die befruchtete Keimzelle wächst hier zu einem nicht sehr langen Vorkeim (*V* bei *A*, Fig. 17, Taf. XVI) aus, an dessen Spitze *(K)* sich die hier noch ungetheilte Embryonalkugel vorfindet. In dieser erfolgt sehr bald die charakteristische Octantentheilung (Fig. 17, *B* und *C*), und ihr folgen (*D*, Fig. 17) die periclinen Dermatogenwände.

In einem vorgeschritteneren Entwicklungsstadium treffen wir den jungen Keimling in Fig. 18, Taf. XVI. Hier ist, ausgehend von einer Aequatorialtheilung, in anticliner Richtung eine neue Wand (bei *i*) angelegt worden, es hat sich ferner bei *H* der Vorkeim in die Embryonalkugel hineingewölbt. Sehr bald theilt sich dessen Endzelle *(H)* im Anschluss an eine Meridianwand der Keimkugel (Fig. 19).

In dem in Fig. 20, Taf. XVI ausgedrückten Entwicklungsstadium hat die Ausbildung des Innenraumes der Keimkugel bereits wesentliche Fortschritte gemacht. Wir treffen in dem radicularen Ende Wände, welche parallel mit der Epidermis laufend hier eine Differenzirung in Plerom und Periblem einleiten. Fig. 21 endlich zeigt ein Stadium, in welchem sich die in die Embryonalkugel hineingewölbte Hypophyse *(H)* im Anschluss an die innere epidermale Wand getheilt und Zellen an den Innenkörper des Keimlings abgegeben hat.

Inzwischen entwickelt sich das Endosperm, und es wird in Folge dessen die Wandung des Embryosackes beträchtlich nach der späteren Testa des Samens verschoben. Fig. 22, Taf. XVI gibt die untere Hälfte des Endosperms der Samenknospe, in ihm liegt bei *K* der Keimling, der

gegnen wir typischen Kreuztheilungen unter der Epidermis (Fig. 19, *Pl.* 12), es gehen die so entstandenen Tochterzellen ausschliesslich in den Ovular-Höcker ein (Fig. 20, 21—22, *Pl.* 12). Spätere Entwicklungsstadien differiren in Folge der stärkeren Ausbildung, welche das Ovulum von *Sedum Aïzoon* erfährt. — Ferner ist bei Warming die anticline Orientirung der auf die Längsaxe der Ovular-Anschwellung gestellten Querwände hervorgehoben. Diese lässt sich besonders deutlich bei Fig. 3, Pl. 11 *(Thesium ebracteatum)*, mehr oder weniger aber auch an anderen Zeichnungen wahrnehmen.

[1]) Die *Coniferen* und *Gnetaceen*, pag. 422. — [2]) Beiträge zur Kenntniss der Gattung *Najas*. — [3]) Die Blüthenentwicklung der *Onagraceen*. — [4]) Entwicklungsgeschichte der Compositenblüthe. — [5]) Kny. Wandtafeln. XIX. Ferner Text pag. 55.

hier ausnahmsweise eine etwas schiefe Lage erhalten hat. Am intensivsten treten die Endospermtheilungen an derjenigen Stelle des Embryosackes auf, welcher der Mikropyle anliegt (bei *o*, Fig. 22); eine bedeutendere Vergrösserung des letzteren wird indessen durch diese Theilungen hier nicht herbeigeführt.

An dem in das Sameneiweiss eingebetteten Keimling (*K*, Fig. 22) wurden die erstentstandenen Wände sowohl, wie diejenigen in anticliner Richtung stärker eingezeichnet. Die übrigen Theilungen des Embryo bedürfen keiner weiteren Erklärung.

Hinsichtlich der Ausbildung des Ovulums zum Samenkorn ist nur noch wenig anzuführen.

Während sich der Embryosack durch die fortgesetzten Endospermtheilungen vergrössert und das Gewebe des Knospenkerns mehr und mehr verdrängt, zeigt die epidermale Zelllage der Samenknospe lebhafte radiale Theilungen. Die hier entstehenden Zellen sind sehr klein und auf Längsschnitten betrachtet (*p* Fig. 23, Taf. XVI) etwa quadratisch gestaltet. In der Richtung des kleinen Durchmessers des jungen Samenkorns wachsen sie dagegen in Folge der längere Zeit unterbleibenden Radialtheilungen senkrecht zu den ersterwähnten radialen Wänden zu lang gestreckten Zellformen aus. Sieht man von oben auf den sich entwickelnden Samen, so lässt sich die tafelförmige Gestalt der betreffenden Zellen deutlich wahrnehmen, man bemerkt hier ferner, dass die Oberfläche des jungen Korns in der Längsrichtung mit Rinnen versehen ist, die dadurch entstanden sind, dass sich die Testa des Samens an einzelnen in Längsreihen liegenden Stellen hervorhob, an den zwischen diesen liegenden dagegen einsenkte. In Folge dessen werden die erwähnten Zellen der Testa convex nach dem Innern des Samens gebogen [1]).

Mit der Ausbildung der Samenschale geht diejenige des Keimlings Hand in Hand. Letzterer wächst in der Längsrichtung des Ovulums und verdrängt das Gewebe des Sameneiweisses mehr und mehr. Dieses hatte zuvor die ursprüngliche Wandung des Embryosackes bis nahe zur Testa des sich entwickelnden Samens gedrängt. Zwischen ihr und der kleinzelligen Samenschale liegen gewöhnlich nur noch zwei Zelllagen. Endlich wird das Endosperm vollständig resorbirt, es tritt der heranwachsende Embryo an dessen Stelle.

Klarer wird das Gesagte durch die Betrachtung des in Fig. 23, Taf. XVI gezeichneten Längsschnittes durch den nahezu reifen Samen von *Sedum Aïzoon.*

Bei *p* haben wir die deckende Testa des Samenkorns, unter ihr liegen zwei bis drei Zelllagen, welche den Integumenten, dem Knospenkern etc. angehört haben. Alsdann folgt die noch kenntliche Wandung des Embryosackes *(W)*; von ihr umschlossen finden wir bei *r* noch die Reste des Endosperms, sowie den herangewachsenen Keimling.

An dem letzteren ist die Radicula *(R)* bereits vollständig ausgebildet, die Cotyledonen (bei *Pl*) sind dagegen noch nicht bis zu ihrer endgültigen Stärke gediehen. Sie wachsen weiter aus und nehmen schliesslich die Nährstoffe des über ihnen liegenden Endosperms *(r)* noch vollständig auf.

[1]) Man vergl. Baillon, *Histoire des plantes.* III. Band, pag. 307, Fig. 336.

Endlich liegt in dem ausgebildeten Samenkorn der ziemlich starke Keimling fast direct der Testa des Samens an [1]).

Die kleinen Samenkörner sind in beträchtlicher Menge in den heranwachsenden Einzelfruchtknoten vorhanden; sie werden frei, indem die letzteren an ihrer Innenseite in der Längsrichtung aufspringen.

[1]) Baillon, a. a. O. pag. 306 sagt von dem Sameneiweiss: „*Il est très-mince, ou même réduit à une simple membrane, ou souvent même tout à fait nul*“.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Entwicklung des Stammes von Sedum spurium Bieb.

Fig. 1. Querschnitt des Stammes unterhalb des Vegetationspunktes. — *a* procambiale Stränge, *b* desgleichen, in der Anlage begriffen. *M* Mark, *R* Rinde. — Vergr. 1 : 400.

Fig. 2. Etwas tiefer liegender Querschnitt. — *aa*, *bb* Procambiumstränge. In ihnen entstehen bei *d* die ersten Gefässe, bei *e* der Weichbast. — Vergr. 1 : 300.

Fig. 3. Vorgeschritteneres Entwicklungsstadium. — Die Procambiumbündel haben sich interfascicular *(f)* vereint. — Vergr. 1 : 300.

Fig. 4. Centraler Theil eines Querschnittes durch denselben Stamm. — Innerhalb der jungen Fibrovasalstränge sind cambiale Zonen bemerkbar *(Cb)*. Die Bündel bei *a* sind stärker entwickelt als diejenigen bei *b*. In Folge der cambialen Thätigkeit werden die interfascicularen Gewebepartieen wieder grosszelliger und dadurch dem Mark- und Rindengewebe ähnlicher. — Vergr. 1 : 200.

Fig. 5. Innerer Theil eines Querschnittes durch das steril entwickelte Stammstück am Ende der ersten Vegetationsperiode. — Bei *a* die stärker, bei *b* die schwächer ausgebildeten Blattspurstränge. — Vergr. 1 : 150.

Fig. 6. Querschnitt durch den sterilen Stamm am Ende des zweiten Vegetationsjahres. — Die bereits früher bevorzugten Gefässstränge bei *a* haben sich weiter entwickelt, diejenigen bei *b* sind zurückgeblieben; über letzteren erzeugte das Cambium parenchymatische Elemente. — *K* Kork, *R* Rinde, *L* Luftlücken der letzteren. — Vergr. 1 : 120.

Tafel II.

(Fortsetzung.)

Fig. 1. Gefässsystem eines zweijährigen sterilen Stammes. — Bezeichnungen wie bei Taf. I. Die stärker entwickelten Fibrovasalstränge bei *a* sind bei *h* gespalten. Hier wurden parenchymatische Zellformen angelegt. — Vergr. 1 : 85.

Fig. 2 u. 3. Entwicklung des fertilen Stammes. — In Fig. 2 wird über den primären Gefässgruppen (bei *i*) ein der Gefässelemente entbehrender Libriformring erzeugt, der in Figur 3 (am Ende der ersten Vegetationsperiode) bereits vollständig entwickelt ist. — *a* primäre Gefässgruppen, *e* Weichbast, *R* Rinde. — Vergr. 1 : 150.

Fig. 4. Stammquerschnitt durch den älteren (zwei- bis dreijährigen) Stamm von *Sedum spurium*, dessen weiterwachsendes Ende sich zum blüthetragenden Zweig entwickelte. — Ueber den Gefässbündeln bei *a* findet man einen geschlossenen Holzring *(Hzr)*; diesem folgt der Weichbast *(e)* und die Rinde *(R)*, letztere von einer Korklage *(K)* gedeckt. Die Gefässelemente des ersten sind gegenüber denjenigen des zweiten Jahres in ihrer Grösse verschieden. — Vergr. 1 : 95.

Fig. 5 u. 6. Schematische Querschnitte tiefer liegender, älterer Stammpartieen. — Der in Fig. 4 noch geschlossene Holzring wird hier (Fig. 5) an einer Stelle schwächer und zerfällt in zwei Stücke (Fig. 6, *Hzr*, *v* u. *w*). An noch tiefer liegenden Stellen des Stammes schwindet er gänzlich. — Die übrigen Bezeichnungen wie oben.

Fig. 7—12. Macerirte Zellen. — Fig. 7—10. Theile von jungen Holzzellen. — Fig. 11—12. Endstücke der Gefässe. — *P* Porus der letzteren. Bei *S* resorbirte Querwand. — Vergr. 1 : 340.

Fig. 13. Basaltheil eines fertilen Zweiges. — In- und ausserhalb des Holzkörpers (bei *n* und *m*) treten Korkbildungen auf. *M* Markgewebe, das in Folge der Korkabschnürung abstirbt. *R* Rinde, *e* Weichbast. — Vergr. 1 : 120.

Tafel III.

Quer- und Längsschnitte durch das unter der Absterbestelle des fertilen Zweiges liegende lebensfähige Stammstück von Sedum spurium Bieb.

Fig. 1. Theil eines Querschnittes dicht unterhalb der abgestorbenen fertilen Axe. — Der Holzring ist bei *q* geöffnet. Die ihn umgebende äussere Korkschicht *(m)* tritt hier in das Mark ein. Bei *p* und *o* sind ausserhalb des Holzkörpers, zur Ergänzung der central *(r)* zu Grunde gegangenen Gefässe, neue ähnliche Elemente angelegt worden. Die schraffirt gehaltenen Stellen bei *e* bezeichnen die Lage des Weichbastes. Bei *Cb* ist eine cambiale Zone thätig. — Vergr. 1 : 80.

Fig. 2 u. 3. Tiefer liegende Stammpartieen. — Der Holzring *(Hzr)* ist unvollkommen. Die äussere Korkzone *(m)* greift bei *q* tiefer in das Mark ein und theilt Gewebepartieen, welche theils zum Marke theils zu den primären Gefässsträngen gehören, dem peripherischen lebenden Gewebe zu. Der grösste Theil der vom Holzringe umschlossenen Zellformen ist zu Grunde gegangen und liegt in verborktem Zustand (bei *M*) im Innern des Stammstückes. — *M* Früheres Markgewebe, *a*, *b* dessen grössere oder kleinere Gefässbündel (man vergl. Taf. I u. II), *m*, *n* äussere und innere Korkzone. *Cb* Cambium, *R* Rinde. — Vergr. 1 : 80.

Fig. 4 u. 5. Aehnliche an Fig. 2 u. 3 anschliessende Querschnitte. — Der Holzkörper schwindet mehr und mehr. Die stärkeren Gefässgruppen *(a)* sind sowohl gegenüber dem Libriformring *(Hzr)*, als auch der in das Mark eintretenden Korkzone *(n)* verschieden orientirt. — Bezeichnung wie oben. — Vergr. 1 : 70, 1 : 60.

Fig. 6. Tiefer geführter Schnitt. — Der Holzkörper stellt eine sichelförmige Zone dar, die aussen von der Korkhülle *m* bekleidet ist, in der innen (bei *b*) nur noch verhältnissmässig wenige Reste zu Grunde gegangener Zellformen liegen. Die Korkzone bei *n* hat schon den grössten Theil des centralen Gewebes der gesunden peripherischen Partie zugetheilt. (Man vergl. die Fig. 1—3, Taf. V). — Bezeichnungen wie oben. — Vergr. 1 : 40.

Fig. 7. Schematischer Längsschnitt durch das unter der Absterbestelle liegende lebensfähige Gewebe. — Die roth gehaltenen Stellen bezeichnen zu Grunde gegangenes, die schwarzen lebensfähiges Gewebe. Von der Absterbestelle (bei *Hzr*) führen Korkzonen (gelbe, punktirte Linien) an dem Holzkörper herab *(m)*, biegen bei *q* als an derjenigen Stelle, an welcher der Holzring sich spaltet, in das Mark ein *(n)* und durchsetzen dieses. — Die doppelt contourirten wellenförmigen Linien kennzeichnen die primären, die einfach gehaltenen die später entstehenden Gefässstränge.

Fig. 8. Skizze eines Theils eines Querschnittes dicht unterhalb der Absterbestelle. Der Holzkörper ist durch den Rindendruck zusammengepresst. — Vergr. 1 : 20.

Tafel IV.

(Fortsetzung.)

Fig. 1. Längsschnitt in ausführlicher Zeichnung. — *M* das abgestorbene Mark, *Hzr* in Zersetzung begriffener Holzkörper (bei *x* durch den Rindendruck nach innen verschoben). *n* dessen innere, *m* die äussere Korklage, *K* Aussenkork, g_1 Gefässe des ersten, g_2 solche des zweiten Jahres. *Sp* Seitenspross, *R* Rinde. *O* Oberseite, d. h. diejenige, welche der abgestorbenen Partie des fertilen Zweiges ansass. — Vergr. 1 : 30.

Fig. 2. Abgrenzung der abgestorbenen Axe von dem lebenden anstossenden Gewebe. — Bei *O* die verborkte Masse des zu Grunde gegangenen Sprosstheils. Sie wird von dem lebenden Gewebe durch eine von *S* ausgehende, bei *w* in das Innere des Stammes eintretende Korkschicht abgeschnürt. — Die tiefer liegenden Holzstücke zeigen ebenfalls eine Korkbekleidung *(m, n)*. — Vergr. 1 : 30.

Fig. 3. Modificirter Fall der Abgrenzung des abgestorbenen fertilen Zweiges. — Die Abschnürung wird nicht, wie bei Fig. 2, dicht über dem Knoten des Internodiums vollzogen, es geht hier, während die Rinde lebensfähig bleibt, ein Theil des centralen Gewebes (bei *Hzr* u. *M*) zu Grunde. Die Lage der Korkzonen ist demgemäss eine andere. Von *m* ausgehend biegt eine solche bei *q* in das Mark ein, verläuft bis zu *w*, um sich hier mit dem Korke des entgegengesetzten Theils des Holzkörpers zu vereinen. — *r* Seitenknospe. Die übrigen Bezeichnungen wie oben. — Vergr. 1 : 30.

Fig. 4. Allmähliches Weitergreifen der von der Absterbestelle ausgehenden krankhaften Einflüsse. — Die Abschnürung des fertilen Sprosses vollzog sich ähnlich wie in dem in Fig. 2 geschilderten Fall. Nachträglich ist noch das Mark sowie die primären Gefässe tiefer liegender Stammtheile (bei *Z*) in Mitleidenschaft gezogen worden. Dabei sind die Korkzonen bei w_1 w_2 sowie diejenige bei *m m* zu Stande gekommen. — Vergr. 1 : 30.

Tafel V.

Bau derjenigen Stammpartieen von Sedum spurium Bieb., welche an die in Taf. III u. IV gezeichneten basalen Reststücke fertiler Sprosse angrenzen.

Fig. 1—3. Die hier in Querschnitten gezeichneten Stammpartieen lassen noch Krankheitserscheinungen besonders des Holzkörpers (kennbar durch dessen gelbe Farbe) wahrnehmen. Je mehr man sich der Mutteraxe des betreffenden Sprosses nähert, um so mehr treten die pathologischen Erscheinungen zurück. Der Holzkörper erhält wieder seine normale Färbung, die Korkzonen, welche ihn, soweit er erkrankt, nach innen wie nach aussen bekleideten, endigen. Endlich wird der hier schon unvollständige Holzring mehr und mehr reducirt, er schwindet, bevor der betreffende Sprosstheil in seine Mutteraxe einbiegt. — *M* Markgewebe, *a* grössere, *b* kleinere Gefässstränge (man vergl. Taf. I). *Hzr* Holzkörper, *m* dessen äussere, *n* dessen innere Korklage, *Cb* Cambium, *R* Rindengewebe, *r* neu gebildete Gefässgruppen ausserhalb des Holzkörpers. — Vergr. 1 : 70.

Fig. 4—5. Querschnitte durch tiefer liegende gesunde Stammtheile gegen das Ende der zweiten Vegetationsperiode. Das Cambium hat die, in beiden Figuren gegenüber der Holzsichel verschieden orientirten, fortbildungsfähigen primären Gefässgruppen *(a)* weiter entwickelt. Diejenigen bei *b* sind zurückgeblieben. Bei Hzr_2, Fig. 5 wird eben eine neue Holzsichel angelegt. — *R* Rindengewebe, schraffirte Stellen bei *e* Weichbast, *a*, neu gebildete Gefässgruppen des zweiten Jahres. — Vergr. 1 : 85.

Tafel VI.

Querschnitte durch ältere Stammstücke von Sedum spurium Bieb., welchen fertile Zweige ansassen (weitere Entwicklungsstadien der Fig. 4 u. 5. Taf. V).

Fig. 1—2. Das aus den ersten Jahren stammende alte Holzsegment Hzr_1 ist nachträglich vôn Krankheitserscheinungen ergriffen und im Verlauf der Zeit von einer Anzahl Korkzonen (m m_1 m_2; n n_1 n_2) umhüllt worden. Die fortbildungsfähigen Gefässstränge bei *a* sind seitens des Cambiums verstärkt worden und zwar je nach ihrer Orientirung gegenüber der Holzsichel verschieden. In Fig. 1 deckt das Holzsegment je ein starkes Gefässbündel *(a)* und lässt das entgegengesetzte völlig frei, in Fig. 2 umfassen dessen Enden (*f*, Fig. 4 u. 5, Taf. V) je einen Theil der in Frage kommenden Bündel. Demgemäss gestaltet sich das anatomische Gesammtbild in beiden Fällen verschieden. — Die opponirten Stränge bei *b* bleiben in ihrer Entwicklung zurück. — Die Stammverdickung ist eine langsame; in späteren Jahren erzeugt das Cambium auf normale Art eine zweite Holzsichel (Hzr_2), die in Fig. 2 ebenfalls Spuren von Krankheitserscheinungen zeigt und demgemäss hier, soweit das nöthig, von Kork umgeben wird. Die secundären, tertiären etc. Gefässlagen (a a_1 a_2) differiren in Bezug auf die Grössenverhältnisse ihrer Gefässelemente. — Schraffirte Stellen bei *e* Weichbast, *R* Rinde, *K* Aussenkork. — Vergr. 1 : 70.

Tafel VII.

Wurzelquerschnitte von Sedum spurium Bieb.

Fig. 1. Durch die Dauerwurzel. — *g* Gefässelemente innerhalb des früheren Procambiumstranges. g_1 g_2 solche, welche durch das Cambium angelegt wurden (mit grösserem oder geringeren Querdurchmesser). Schraffirte Stellen bei *B* Weichbast, *R* Rinde, *K* Aussenkork. — Vergr. 1 : 70.

Fig. 2. Durch die zarte Saugwurzel. — *h* Procambiumstrang, *g* kreuzweise gestellte Gefässelemente. — *R* Rinde, *E* Epidermis. — Vergr. 1 : 250.

Entwicklung des Stammes von Sedum album L.

Fig. 3. Centraler Theil des einjährigen sterilen Stammes. — *g* primäre Gefässgruppen, *M* Mark, bei *R* Rinde. — Vergr. 1 : 70.

Fig. 4. Querschnitt durch den zweijährigen sterilen Stamm. Die Gefässgruppen g_1 wurden im zweiten Jahr verstärkt, diejenigen bei g_2 blieben zurück. — Vergr. 1 : 70.

Fig. 5. Mehrjähriger derartiger Stammtheil. Bei *d* hat eine Verschmelzung der früher isolirten Gefässgruppen (g_1) stattgefunden. — Die übrigen Bezeichnungen wie oben. — Vergr. 1 : 60.

Tafel VIII.

(Fortsetzung.)

Fig. 1. Mehrjähriges Basalstück des fertilen Sprosses. — Die Gefässgruppen g_1 wurden fortgebildet, die bei g_2 blieben zurück. Jenseits des hier noch vollständigen Holzringes (*Hzr*) sind neue Gefässgruppen angelegt. — Vergr. 1 : 70.

Fig. 2. Tiefer liegende Partieen desselben Stammes. Der Holzkörper ist unvollständig. Ueber ihm hat nahezu im ganzen Umfang des Stammes Gefässbildung stattgefunden. — Vergr. 1 : 70.

Fig. 3. Querschnitt durch ein altes Stammstück, in das die Holzsegmente (c c_1) ansitzender fertiler Sprosse einmünden. Das Cambium hat reichlich Gefässzellen etc. erzeugt. — *R* Rinde, *K* Aussenkork. — Vergr. 1 : 70.

Fig. 4. Querschnitt durch den zweijährigen sterilen Stamm. — Die Pflanze war stärker entwickelt; das anatomische Gesammtbild wird dadurch regelmässiger, dass von den hier in der Sechszahl auftretenden primären Gefässgruppen abwechselnd 3 zurückbleiben (g_2), 3 sich weiter fortbilden (g_1). — Bezeichnungen wie oben. — Vergr. 1 : 70.

Fig. 5. Aehnlicher Schnitt durch den älteren Basaltheil des fertilen Stammes. — Der Holzkörper (*Hzr*) ist bereits unvollständig und bei *f* geöffnet. — Die übrigen Bezeichnungen wie oben. — Vergr. 1 : 70.

Tafel IX.

Entwicklung des Stammes von Sedum rupestre L.

Fig. 1. Querschnitt durch den einjährigen sterilen Stamm. Die Fibrovasalstränge (*g*) erscheinen in grösserer Anzahl. — *M* Mark, *R* Rinde, *K* aus der Epidermis entstandener Kork. — Vergr. 1 : 60.

Fig. 2—4. Entstehung des Gefässbündels, des fascicularen wie interfascicularen Cambiums und des Holzringes (fertiler Zweig). — Bei Fig. 2 Differenzirung in Gefässzellen und Tracheïden (*Hg*), ferner in Weichbast (*B*). Fig. 3: Auftreten von fascicularem wie interfascicularem Cambium (*C*). Fig. 4 zeigt den bereits ausgebildeten Holzkörper (*Hzr*) mit den central liegenden primären Gefässgruppen einestheils und den Bastpartieen (*B*) anderntheils. — Vergr. 1 : 200.

Fig. 5. Querschnitt durch den zweijährigen sterilen Zweig. Von den primären Gefässgruppen haben sich vier (g_1) weiter entwickelt, abwechselnd mit ihnen sind vier (g_2) zurückgeblieben. — *C* Cambium, *K* Aussenkork. — Vergr. 1 : 60.

Fig. 6. Basalstück eines fertilen Zweiges im dritten Vegetationsjahr. — Ueber den theils fortgebildeten, theils zurückgebliebenen Gefässgruppen liegt der noch vollständige Holzring. Bei *d* werden in radialer Fortsetzung der fortbildungsfähigen primären Gefässstränge neue Gefässelemente erzeugt. — Vergr. 1 : 60.

Fig. 7—8. Entstehung des Korkes aus der Epidermis. — Fig. 7. Eintritt in die Korktheilungen bei *a*. *E* Epidermis, *R* Rinde, *K* Korklage. — Fig. 8. Ausgebildete Korkschicht, *Kcb* Korkcambium. — Vergr. 1 : 100, 1 : 130.

Tafel X.

Querschnitt durch das alte basale Stammstück eines früher fertilen Zweiges, dem seitlich unter anderen auch fertile Bildungen angesessen haben.

Fig. 1. Ueber den theils zurückgebliebenen (g_2), theils fortgebildeten (g_1) primären Gefässgruppen liegt der Holzring Hzr_1. Auf diesen folgen in radialer Fortsetzung von g_1 strahlenförmige Gefässpartieen, die seitlich durch parenchymatische, aus dem Cambium entstandene Zellformen getrennt werden. Die Gefässelemente differiren in Bezug auf ihre Grössenverhältnisse (*a*, *b*, *c*, *d*). Ausgehend von einer fertilen Seitenaxe gelangte ein zweiter Holzkörper (Hzr_2) hier zur Entwicklung. Ueber ihm finden wir den Weichbast bei *B*, die Rinde *R* und den Aussenkork *K*. — Vergr. 1 : 90.

Tafel XI.

Querschnitte durch sterile Stammstücke, welchen seitlich fertile Bildungen ansitzen.

Fig. 1—3. Der in den fertilen Stämmen vorhandene Holzkörper geht bis in deren Mutteraxen ein, wir finden ihn hier, allerdings im reducirten Zustande (*Hzr*1, Fig. 1, 2, 3), noch vor. In Fig. 1 noch vollständig, theilt er sich in Fig. 2, welche Zeichnung einen tiefer liegenden Stammquerschnitt darstellt, in drei Stücke; später schwindet er, falls keine anderen fertilen Zweige ansitzen, vollständig. Auch die Reste eines zweiten Holzkörpers (*Hzr*2, Fig. 1 u. 2), ausgehend von dem ansitzenden Basalstücke eines inzwischen abgestorbenen seitlichen Zweiges, das an sich ebenfalls fertile Bildungen entstehen lässt, finden sich hier vor. Diese schwinden indessen rascher als der erstgenannte Holzkörper. In Fig. 3 ist von ihnen nichts mehr zu sehen. — g_1 fortbildungsfähige, g_2 zurückbleibende primäre Gefässgruppen; schraffirte Stellen bei *B* Weichbast, *R* Rindengewebe, *K* Aussenkork. — Vergr. 1 : 60.

Theil des Stammquerschnittes eines einjährigen fertilen Zweiges von Sedum Aïzoon L.

Fig. 4. Bei *d* primäre Gefässgruppen, d_1 d_2 ähnliche Bildungen inner- und ausserhalb des Holzkörpers (*Hzr*); *B* Weichbast, *R* Rindengewebe. — Vergr. 1 : 200.

Tafel XII.

Entwicklung des Stammes von Sedum populifolium L.

Fig. 1. Querschnitt durch den einjährigen Stamm. — *g* primäre Gefässgruppen, g_1 Gefässbildungen im Holzkörper (*Hzr*1), *Cb* Cambium, *B* Weichbast, *R* Rinde, *E* Epidermis. — Vergr. 1 : 60.

Fig. 2. Theil eines Querschnittes durch den zweijährigen Stamm. — Unter der cambialen Zone ist eine Korkschicht (K_1) angelegt worden, welche die ihr central liegenden Gewebepartieen abschnürt. Letztere gehen in Folge dessen zu Grunde. — g_2 neu angelegte Gefässelemente des zweiten Vegetationsjahres. — Vergr. 1 : 70.

Fig. 3. Weiteres Entwicklungsstadium. — Ein zweiter Holzring (*Hzr*2) hat während der zweiten Vegetationsperiode seine Anlage gefunden. Ueber ihm liegen, im Allgemeinen in radialer Fortsetzung der primären Gefässgruppen, Gefässe (g_3). — *Cb* Cambium, *R* Rinde, *K* Aussenkork. — Vergr. 1 : 70.

Fig. 4. Aelterer Entwicklungszustand. — Eine neue Korkzone (K_2) ist oberhalb dem zweiten Holzring (*Hzr*2) entstanden; desgleichen über dem dritten (*Hzr*3). Die hierdurch isolirten centralen Gewebe gehen grösstentheils zu Grunde. — Das Cambium *Cb* hat bei g_4 neue Gefässgruppen, bei *Hzr*4 einen neuen (hier in der Entwicklung begriffenen) Holzkörper angelegt. — Die übrige Bezeichnung wie oben. — Vergr. 1 : 70.

Querschnitt durch den alten Stamm.

Fig. 5. Central liegt ein vollständiger Holzring (*Hzr*1). Ueber diesem sind schichtenförmig ähnliche Bildungen in Form von sichelförmigen Zonen (*Hzr*2—5) gelagert, die mit Ausnahme der zuletzt entstandenen Holzsichel theils vollständig von Kork umschlossen sind, theils nur peripherisch eine Korkhülle besitzen. Zwischen ihnen finden wir Gefäss- und mehr parenchymatische Elemente vor, die mehr oder weniger abgestorben erscheinen. Unberührt sind nur die letztentstandenen Holz- und Gefässpartieen, der Weichbast und die Rinde. — Die übrigen Bezeichnungen wie oben. — Vergr. 1 : 50.

Querschnitt durch die Wurzel.

Fig. 6. In einem centralen, procambialen Gewebe entstanden zerstreut gestellt die Gefässelemente. Ein Holzkörper (*Hzr*) hat hier nur einseitig seine Anlage gefunden. — *Cb* Cambium, *R* Rinde, *K* äussere Korkschicht. — Vergr. 1 : 70.

Tafel XIII.

Entwicklung des unterirdischen Rhizoms von Sedum Aïzoon L.

Fig. 1. Theil eines Querschnittes durch das mehrjährige Rhizom. — Centrale Gewebepartieen (Mark- und Gefässzellen) sind abgestorben und von einer Korkhülle (K_1) vom lebenden peripherischen Gewebe abgegrenzt. — *Hg* radial angeordnete Gefässelemente, *C* Cambium, *R* Rinde, *K* Aussenkork mit Borke (*Bk*). — Vergr. 1 : 60.

Fig. 2. Vorgeschritteneres Stadium. Die centrale Gewebezerstörung bei *M* hat bedeutende Fortschritte gemacht. Zu den hier befindlichen Korkpartieen älteren Datums $(K_{,,}\ K_{,,,})$ ist eine neue Korkzone $(K_{,})$ getreten, die das peripherische, gesunde Gewebe schützt. Letzteres verdickt sich weiter, die radial angeordneten Gefässstrahlen werden unter seitlicher Erweiterung fortgebildet. — Bezeichnungen wie oben. — Vergr. 1 : 60.

Fig. 3. Querschnitt durch ein zwei- bis dreijähriges Rhizom, das in der Nähe der Erdoberfläche liegt und in welchem demgemäss noch Holzrudimente, ausgehend von dem oberirdischen Stamm, vorkommen. — Der centrale Gewebetheil ist abgestorben, die Holzreste sind von Kork $(K_1$ u. $_2)$ umgeben. — Vergr. 1 : 60.

Fig. 4. Aelteres, tief liegendes Rhizom. — Die centrale Gewebezerstörung ist bedeutend. Innerhalb einer verborkten Grundmasse, die einestheils aus centralem, anderntheils aus peripherischem (durch Rindenkork abgeschnürten) Gewebe entstanden, liegt eine ringförmige gesunde Gewebezone. Diese ist nach innen und aussen durch Kork $(K_1\ K)$ geschützt, verdickt sich noch durch ein Cambium *(C)* weiter und lässt in ihrem Inneren noch radiale (bei *i*) Korklagen auftreten, welche die Spaltung der Ringzone und die Bildung einzelner isolirter Gewebestränge einleiten. — Bezeichnung wie oben. — Vergr. 1 : 50.

Fig. 5 u. 6. Theile eines Querschnittes eines sehr alten Rhizoms. — Innerhalb einer verborkten, roth gefärbten Grundmasse liegen, im Allgemeinen in einer Ringzone angeordnet, einzelne lebende Gewebestränge (bei *d* und *e*), die von Kork umgeben sind und noch eine schwache cambiale Thätigkeit sehen lassen. — Bezeichnungen wie oben. — Vergr. 1 : 45.

Tafel XIV.

Entwicklung der sich stark verdickenden Wurzel von Sedum Telephium L.

Fig. 1. Querschnitt durch die junge Wurzel. — In einem centralen Procambiumkörper *(Pr)* liegen in drei Reihen angeordnet die Gefässelemente *(Hg)*. — *c* Cambium, *B* Weichbast, *R* Rinde, *K* Aussenkork. — Vergr. 1 : 60.

Fig. 2—3. Weitere Entwicklungsstadien. — Die cambiale Zone *c* leitet ein Dickenwachsthum ein. Die primären Gefässstrahlen werden weiter gefördert, zu ihnen treten neue ähnliche Bildungen (bei *b* und *c*, Fig. 3). Das Cambium theilt unregelmässig weiter (Fig. 3), es wird wellenförmig gebogen. — Vergr. 1 : 50.

Fig. 4. Die Unregelmässigkeiten der cambialen Theilungen treten mehr hervor, es entstehen Einbuchtungen an der Cambialzone *(d)*. — Bezeichnungen wie oben. — Vergr. 1 : 45.

Fig. 5. Die Dicke des Organs hat wesentlich zugenommen. Die primären Gefässstrahlen (bei *f*) zeigen, besonders gegen das Centrum der Wurzel hin, nur wenige Gefässzellen, die durch Vergrösserung der zwischen ihnen liegenden Zellformen auseinander gezogen worden sind. Das ursprüngliche Cambium ist in einzelne Bogenstücke gespalten und ergänzt sich durch im Füllgewebe (bei *i*) auftretende Theilungen zu Partialkreisen. — Vergr. 1 : 40.

Fig. 6. Theil eines Querschnittes durch die mittlere Partie einer ausgebildeten Wurzel. — In einem losen Füllgewebe finden sich die Partialkreise, von denen hier drei gezeichnet sind, vor $(Kr_{,,}\ _{,,}$ u. $_{,,,})$. In ihnen liegen zunächst die Fortsetzungen der primären Gefässstrahlen *(f)*, ferner die secundären etc. *(g)*, endlich die durch die cambiale Thätigkeit der Einzelkreise entstandenen neuen Gefässgruppen *(u)*. — *c* Cambium der Partialkreise, *C* Centrum des Wurzelorgans, *R* Rinde, *K* äussere Korkschicht. — Vergr. 1 : 40.

Tafel XV.

Blattanatomie.

Fig. 1. Längsschnitt durch das Blatt von *Sedum dasyphyllum*. — *E* Epidermis, *F* Gefässstrang, *a* Epidermispapillen. — Vergr. 1 : 60.

Fig. 2. Querschnitt durch dasselbe Blatt. — *H B* Gefäss- und Siebtheil der Gefässstränge, *Sp* Spaltöffnungen, *g* Grundgewebe des Blattes, *O* Blattoberseite. — Vergr. 1 : 70.

Fig. 3. Querschnitt durch das Blatt von *Sedum spurium*. — *g* Grundgewebe, *F* Hauptnerv des Blattes, *O* Blattoberseite. — Vergr. 1 : 50.

Fig. 4. Querschnitt durch ein stärker entwickeltes Blatt derselben Species. — Annäherung zu einer Sonderung in Pallisaden- und Schwammparenchym. — *O* Blattoberseite, *b* Schicht grösserer Zellen der Blattoberseite, *F* Gefässstränge. — Vergr. 1 : 50.

Fig. 5. Querschnitt durch das Blatt von *Sedum Aïzoon*. — Ausgeprägtere Sonderung des Gewebes der Blattober- *(c)* gegenüber demjenigen der Unterseite *(d)*. — *Sp* Spaltöffnung, *L* Luftlücken, *B H* Sieb- und Gefässtheil des Hauptnerv. — Vergr. 1 : 100.

Bau einzelner Blüthentheile.

Fig. 6. Querschnitt durch den mittleren Theil des Kronblattes von *Sedum Aïzoon*. — *O* Ober-, *U* Unterseite, *g* Füllgewebe, *L* Leitbündel. — Vergr. 1 : 280.

Fig. 7. Querschnitt durch das Filament einer Anthere von *Sedum Aïzoon*. — *F* Gefässstrang, *E* Epidermis. — Vergr. 1 : 280.

Haargebilde, Spaltöffnungen.

Fig. 8—9. Köpfchenförmige Haare der Blätter von *Sedum dasyphyllum*. — *E* Blattepidermis, *e* Träger, *K* Köpfchen des Haares. — Vergr. 1 : 220.

Fig. 10. Ueber einer Athemhöhle gelegene Spaltöffnungen des Blattes von *Sedum Aïzoon*. — *Sp* Sp_1 Spaltöffnungen, *A* Athemhöhle, *E* Epidermis. — Vergr. 1 : 180.

Fig. 11—13. Theilungen der Epidermiszellen gelegentlich der Bildung der Spaltöffnungen *(Sedum Aïzoon)*. — *ik, lm, no, pq, rs, tu* successive Theilungswände. — Vergr. 1 : 350.

Tafel XVI.

Bau der Blüthe, Embryologie und Fruchtentwicklung (Sedum Aïzoon).

Fig. 1. Querschnitt durch die Blüthe. — *K* Kelch, *C* Krone, *A* Androeceum (A_1 erster, A_2 später entstehender Staubblattkreis), *G* Gynaeceum. — Vergr. 1 : 8.

Fig. 2. Längsschnitt durch die Blüthe. — Bezeichnungen wie oben. *B* Grund der Blüthe, *Fb* Gefässstrang, *N* Narbe. — Vergr. 1 : 15.

Fig. 3. Querschnitt durch das Ovarium. — *F* Einzelfruchtknoten, *f* Fruchtknotenwand, *P* Placenta, *O* Samenknospen. — Vergr. 1 : 30.

Fig. 4—7. Längsschnitte durch Theile der Placenta. — Erste Theilungen bei der Ovular-Anlage. — *E* Epidermis, 1 erste, 2 zweite subepidermale Zelllage der Placenta, bei *a* (Fig. 4, 5 u. 6) Kreuztheilung in einer Zelle der ersten, bei *b* Theilungen in einer Zelle der zweiten Schicht. — Vergr. 1 : 420.

Fig. 8. Aehnliches Entwicklungsstadium auf Querschnitten betrachtet. — *a* Spitze des Ovular-Höckers mit dominirender, scheitelzellähnlich gestalteter Zelle des Füllgewebes. — Vergr. 1 : 420.

Fig. 9—10. Weitere Entwicklungsstadien. — Bezeichnungen wie oben. — Vergr. 1 : 340.

Fig. 11—13. Anlage der Integumente. — *fg* Kreuztheilungen in der Epidermis gelegentlich der Entwicklung des ersten und zweiten Integumentes. — Vergr. 1 : 340. — Fig. 12 u. 13. Die Epidermiszellen unter stärkerer Vergrösserung (1 : 500).

Fig. 14—15. Entwickeltere Samenknospen. — *f*, *g* erstes und zweites Integument, *M* Mikropyle, *E* Embryosack, *Ch* Chalaza. — Vergr. 1 : 300 u. 1 : 220.

Fig. 16. Ausgebildetes Ovulum. — *F* Funiculus, *Fb* Gefässstrang. — Die übrigen Bezeichnungen wie oben. — Vergr. 1 : 80.

Fig. 17—21. Entstehung des Keimlings. — *e* Eizelle, *V* Vorkeim, *K* Embryonalkugel, *H* Hypophyse, *D D*, Dermatogentheilungen der Plumular- und der Radicularhälfte des Embryo. — Vergr. 1 : 340.

Fig. 22. Theil des Embryosackes mit Endosperm und Keimling. — *K* Embryo, *m* Endosperm, *W* Wandung, *o* an die Mikropyle anstossender Theil des Embryosackes. — Vergr. 1 : 380.

Fig. 23. Längsschnitt durch den nahezu reifen Samen. — *M* nach der Mikropyle gelegener Theil des Samens, *r* Reste des Endosperms, *Pl* Plumula, *R* Radicula des Keimlings. — Vergr. 1 : 120.

Bayerische Staatsbibliothek München

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

Fig. 1.

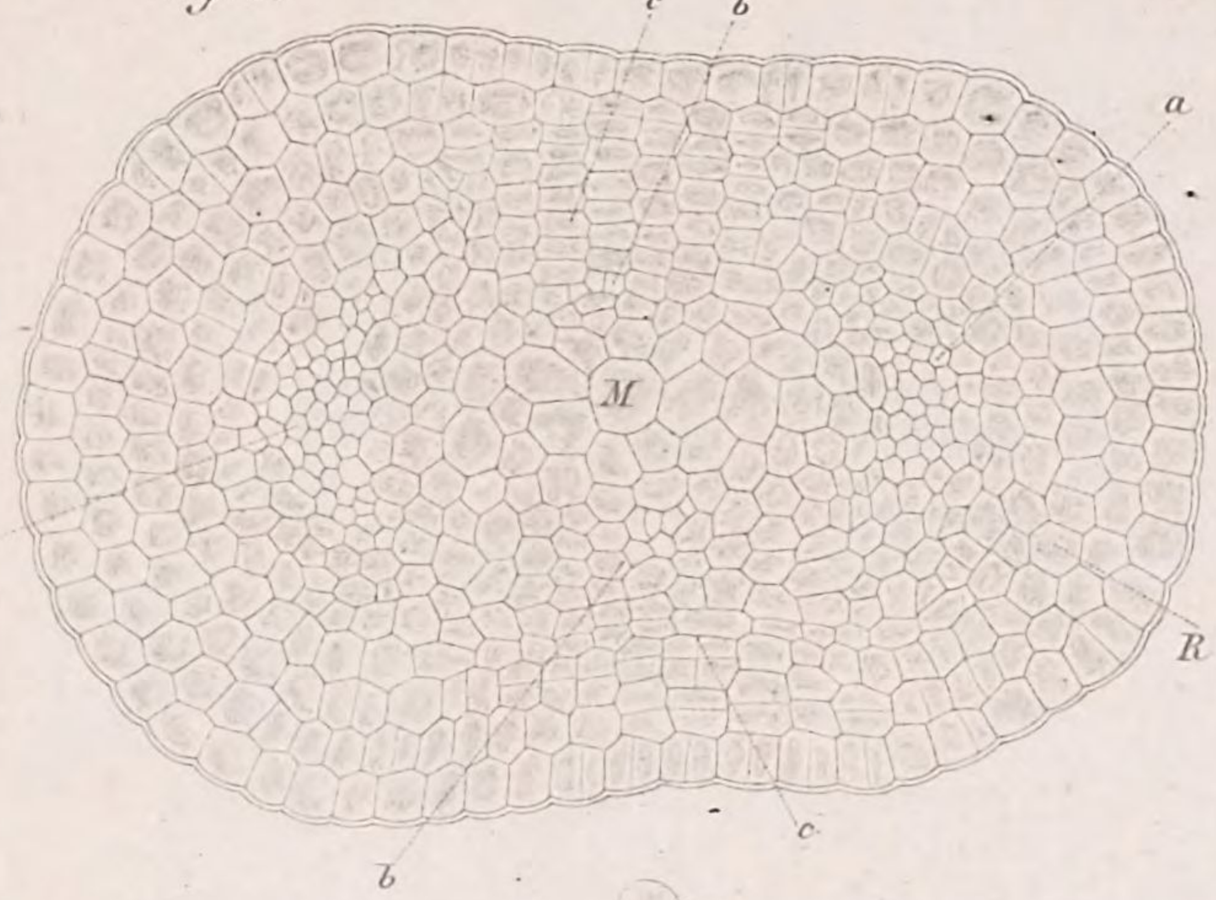


Fig. 2.

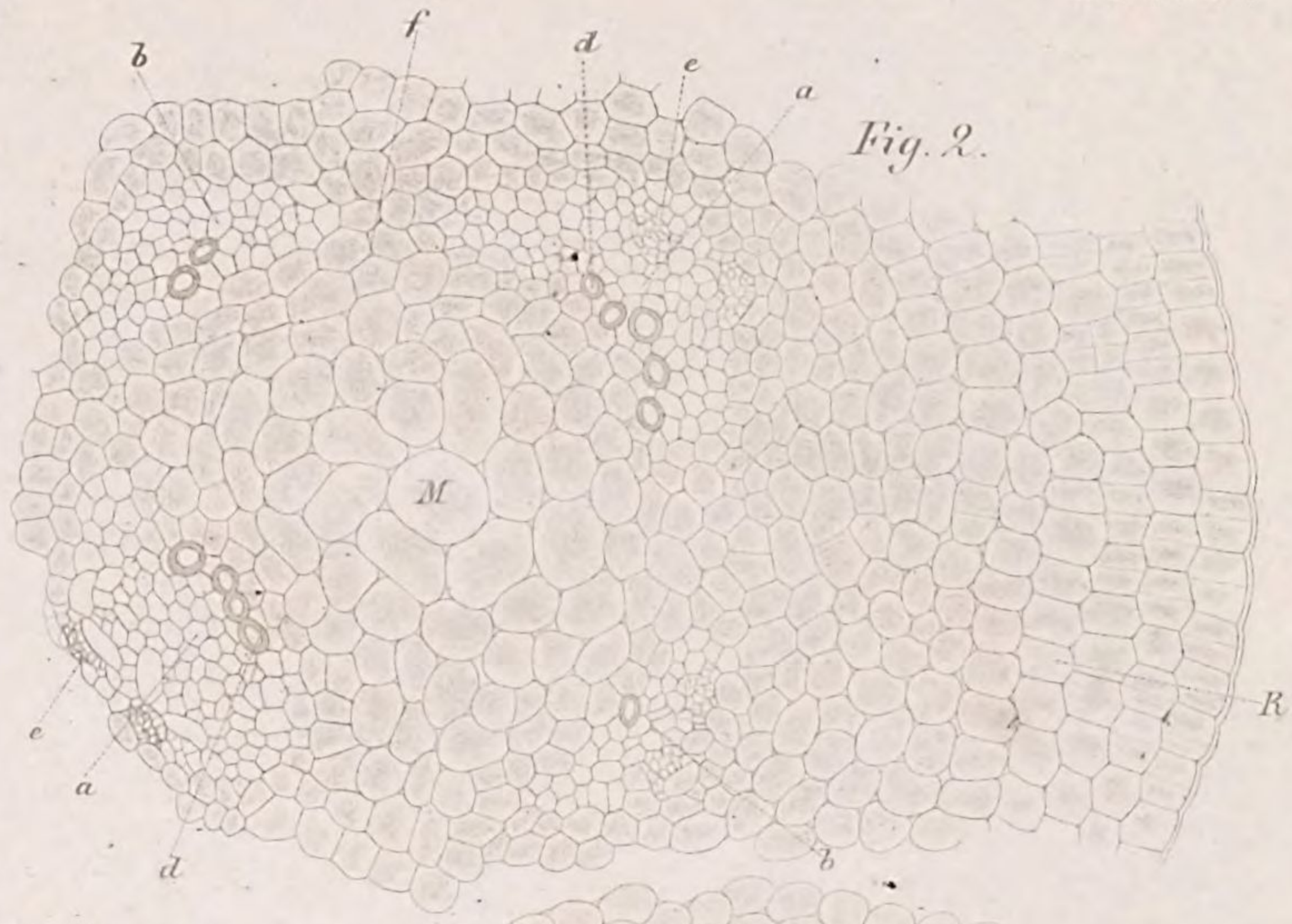


Fig. 3.

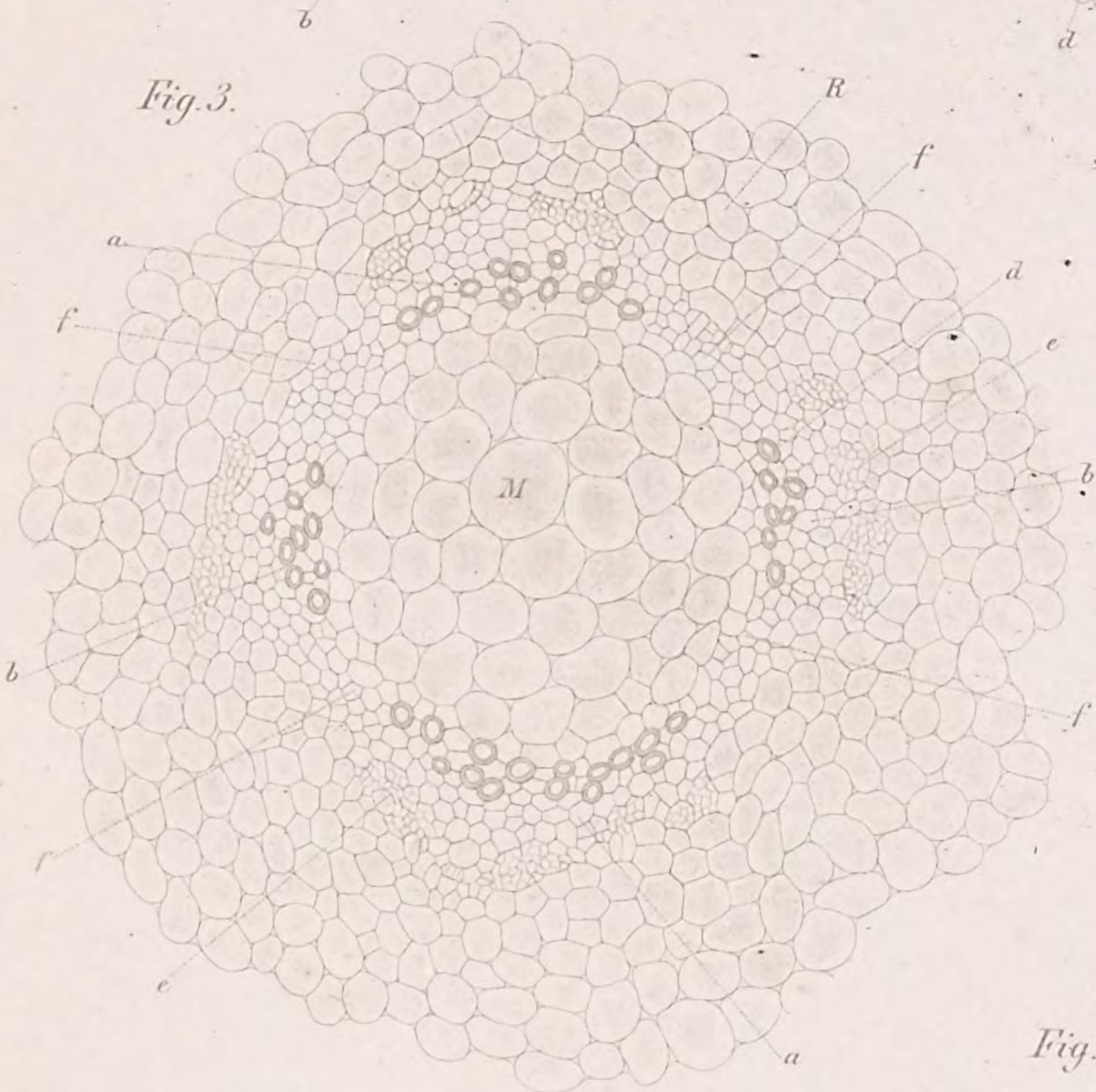


Fig. 4.

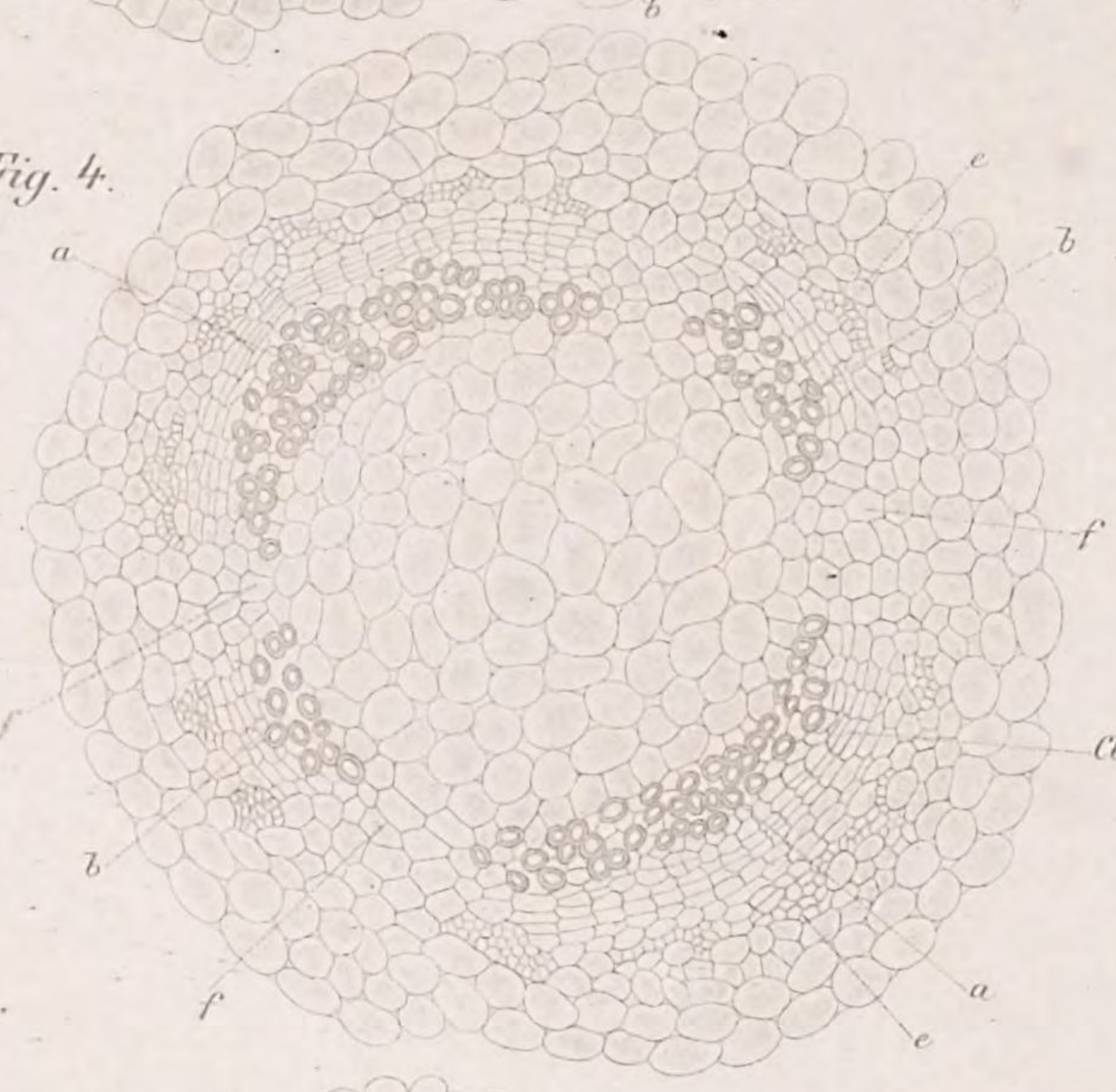


Fig. 5.

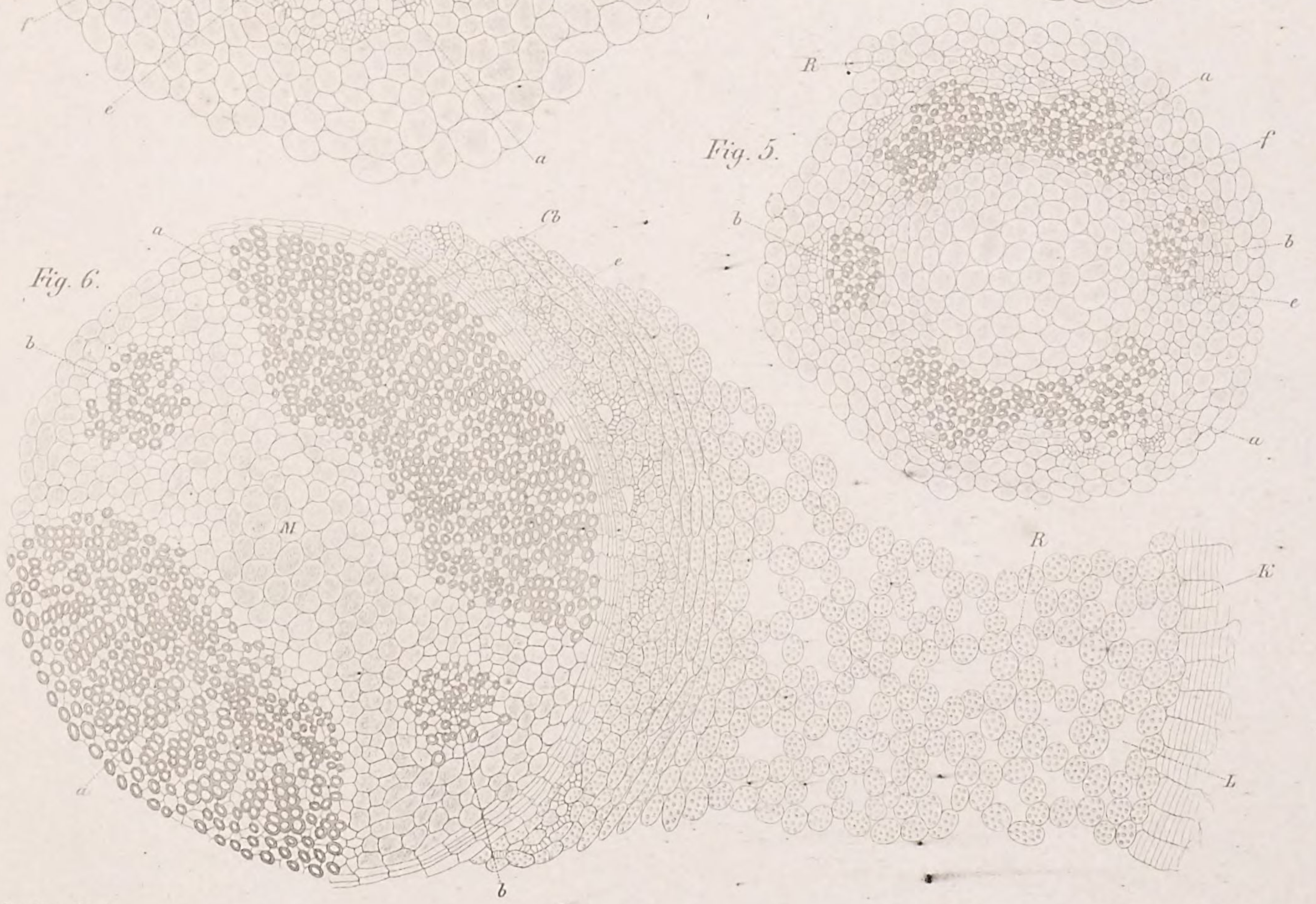
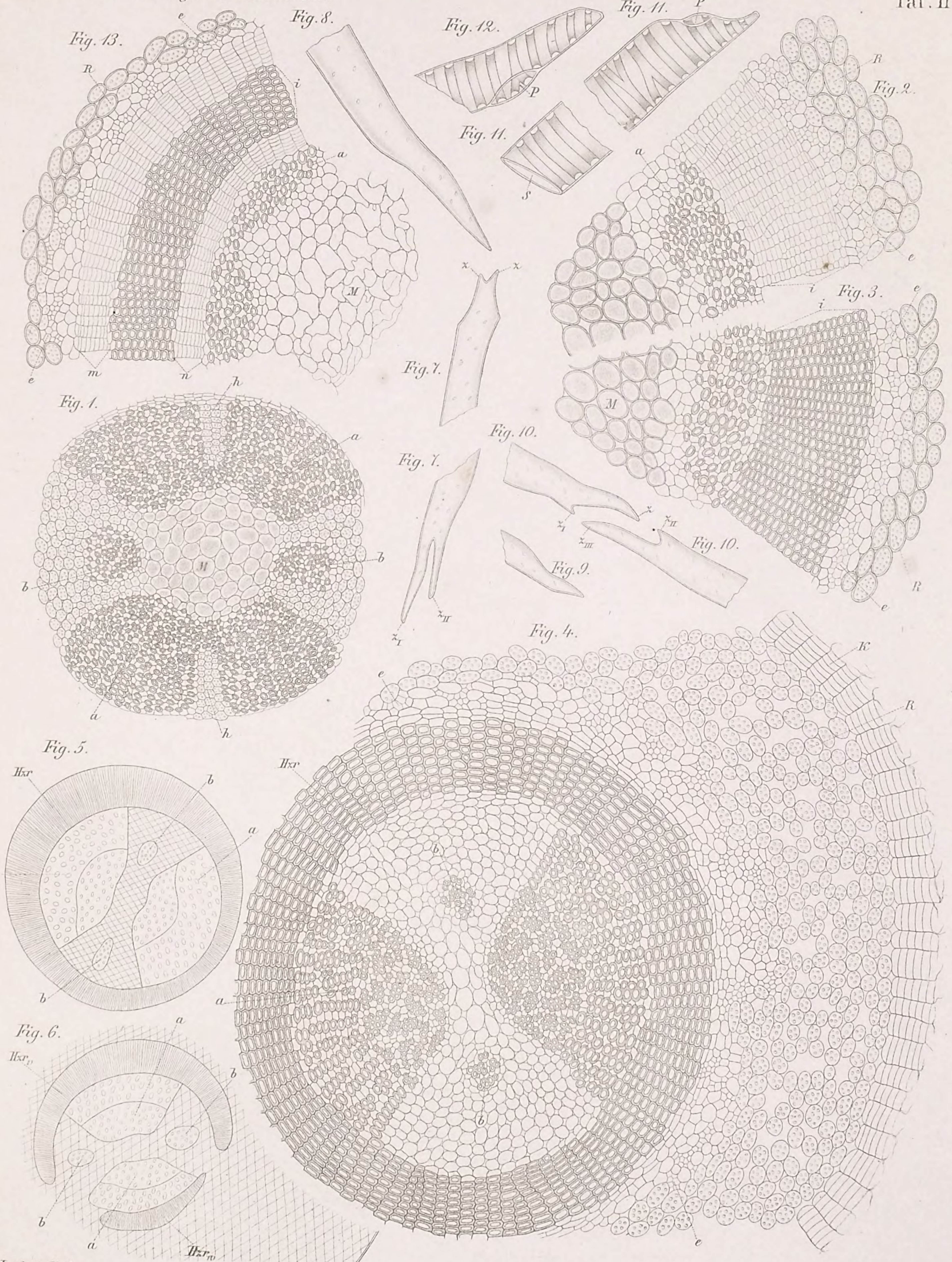


Fig. 6.

Ludwig Koch gez.

Verlag von C. Winter in Heidelberg.

Lith. von Laue.



Ludwig Koch gez.

Verlag von C. Winter in Heidelberg.

Lith. von Laue.



Ludwig Koch gez.

Verlag von C. Winter in Heidelberg.

Lith. von Laue.

Fig. 3.

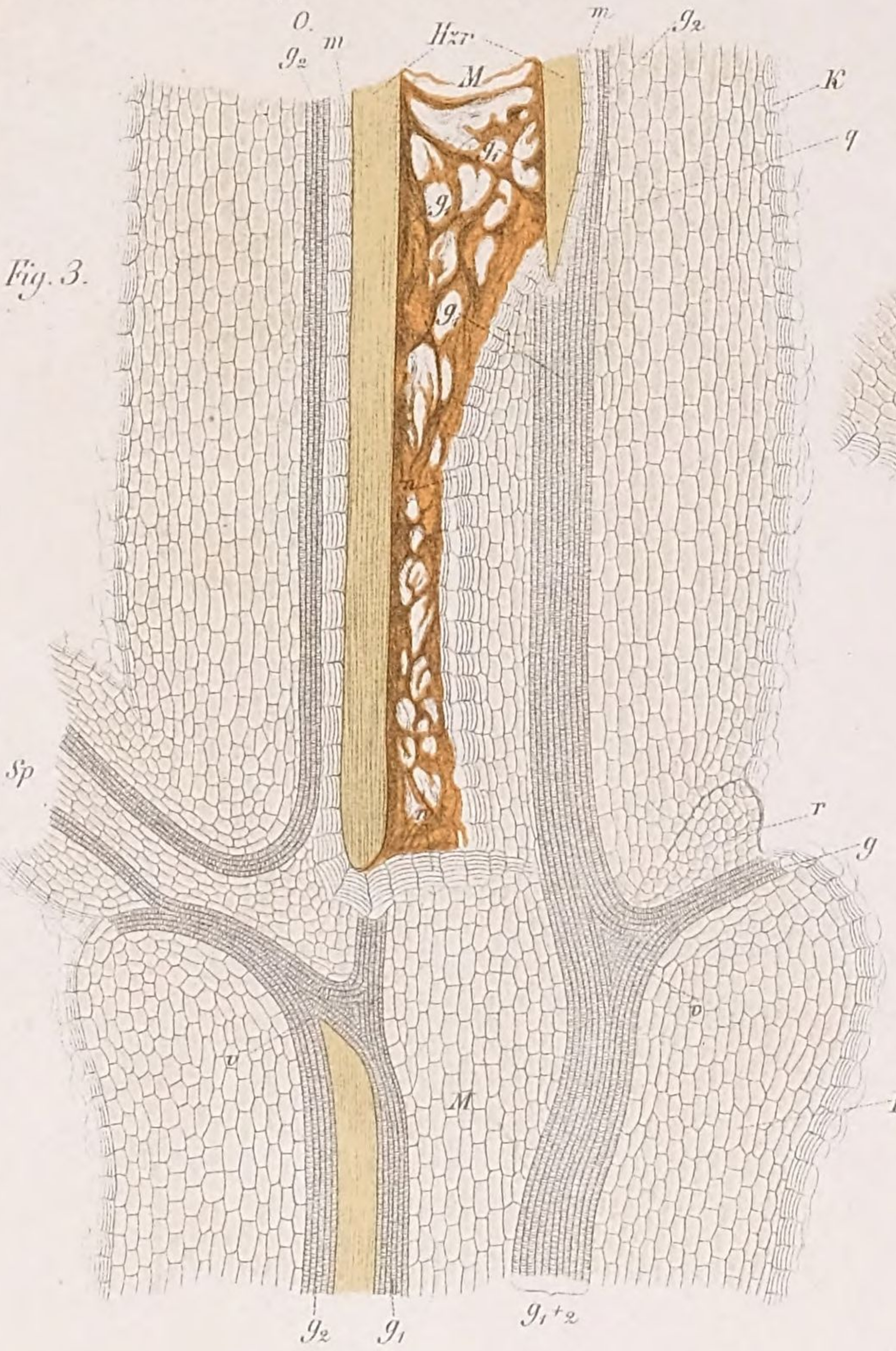


Fig. 4.

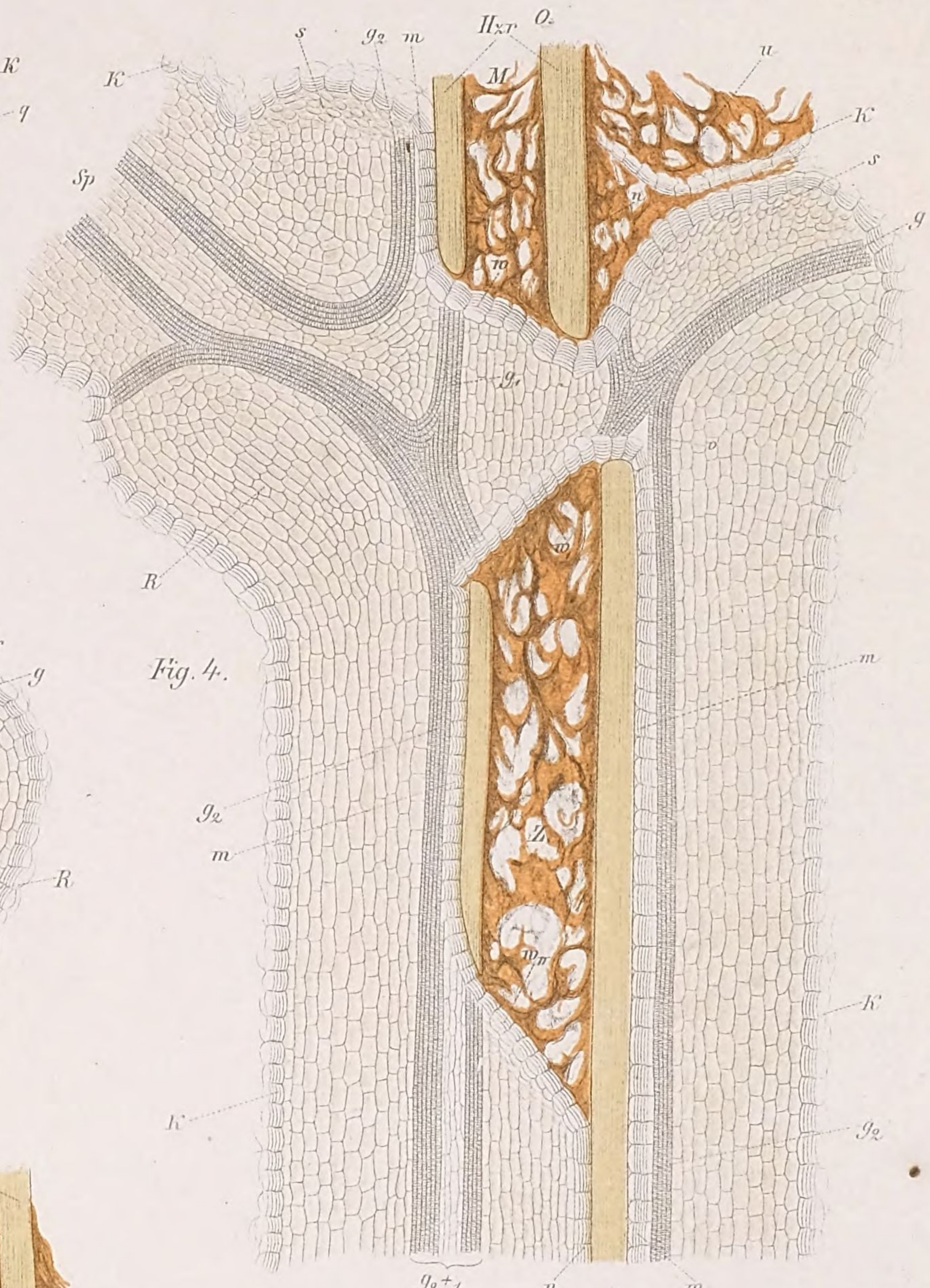
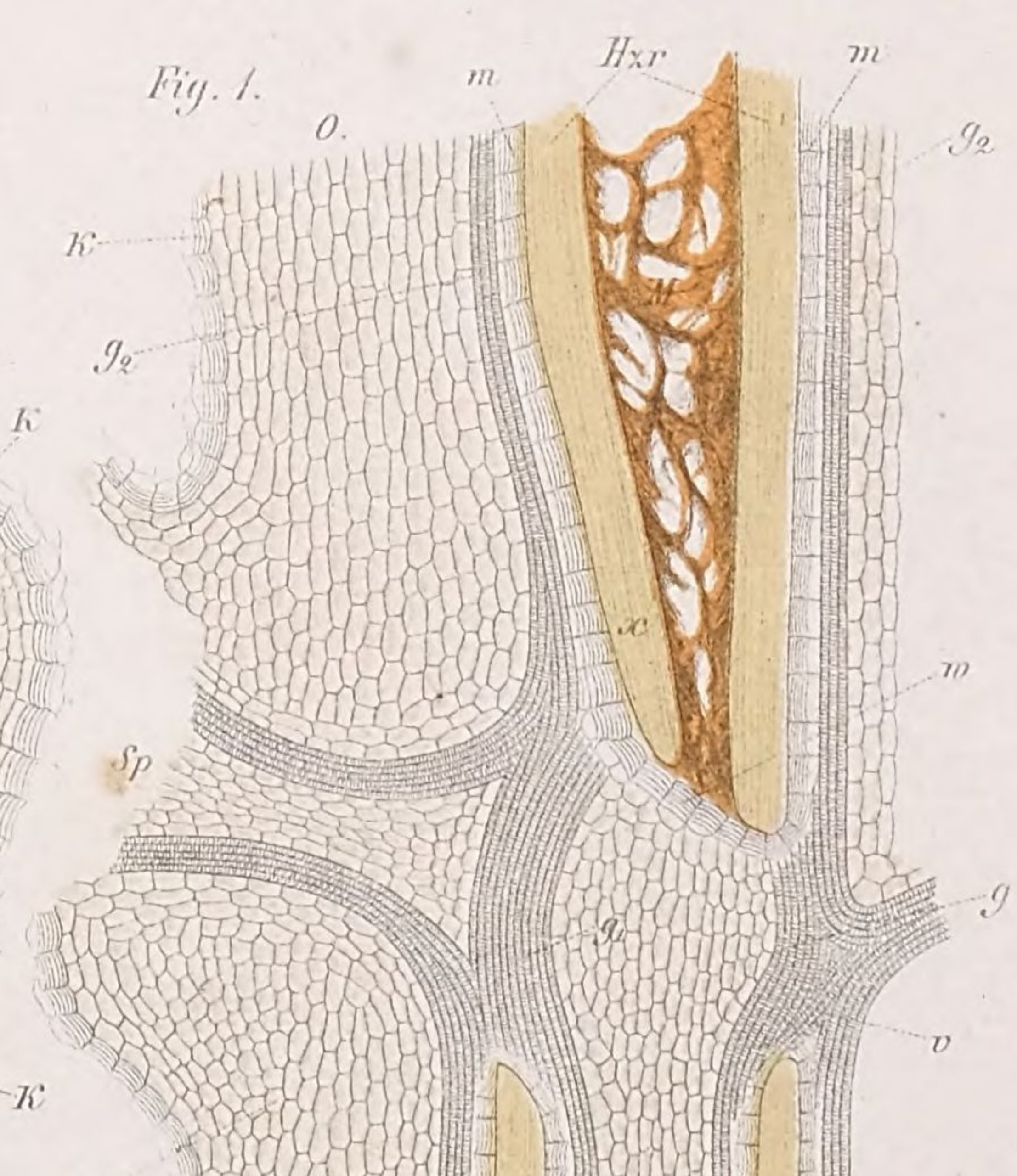


Fig. 2.



Fig. 1.



Ludwig Koch gez. Verlag von C. Winter in Heidelberg. Lith. von Laue.

Fig. 2.

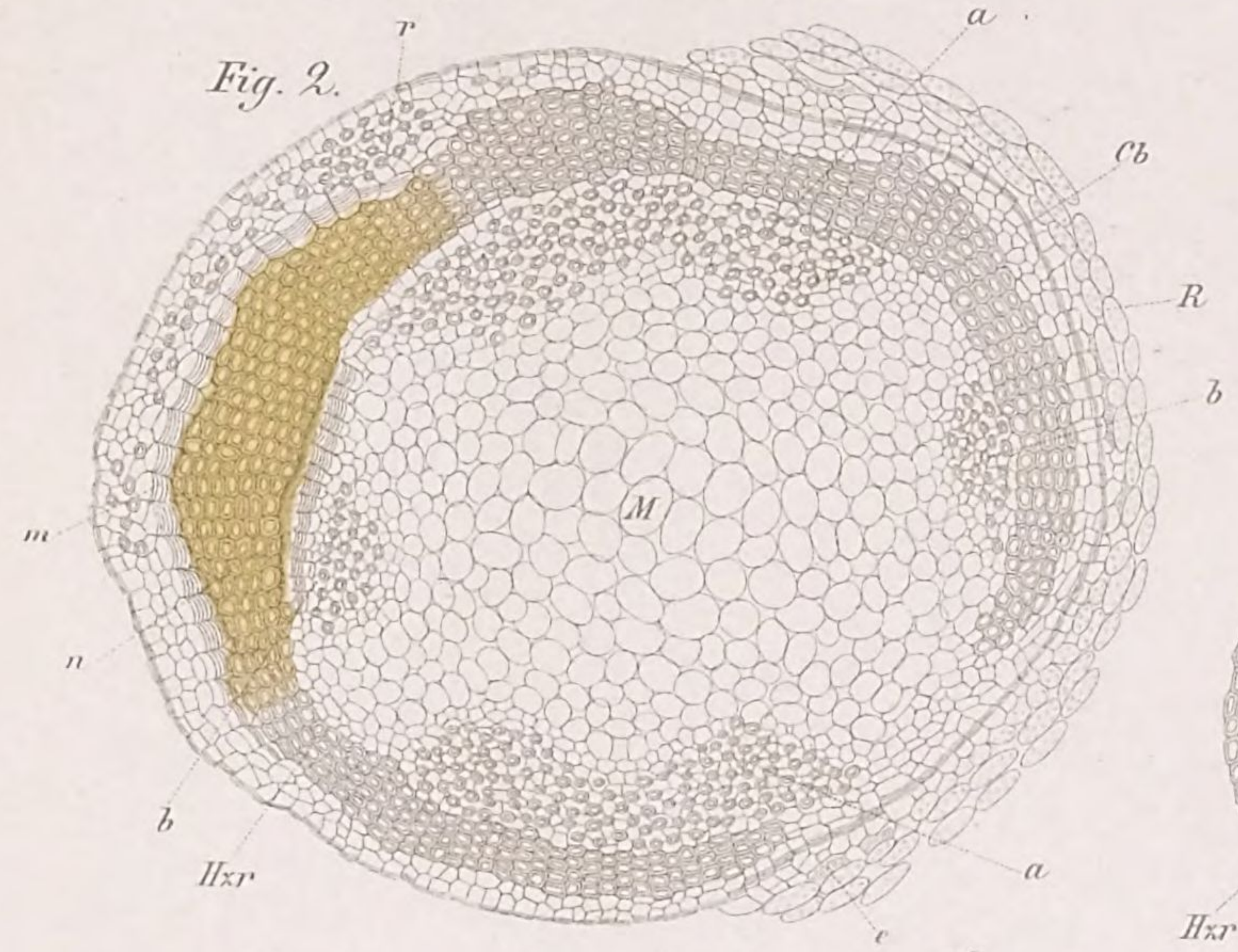


Fig. 1.

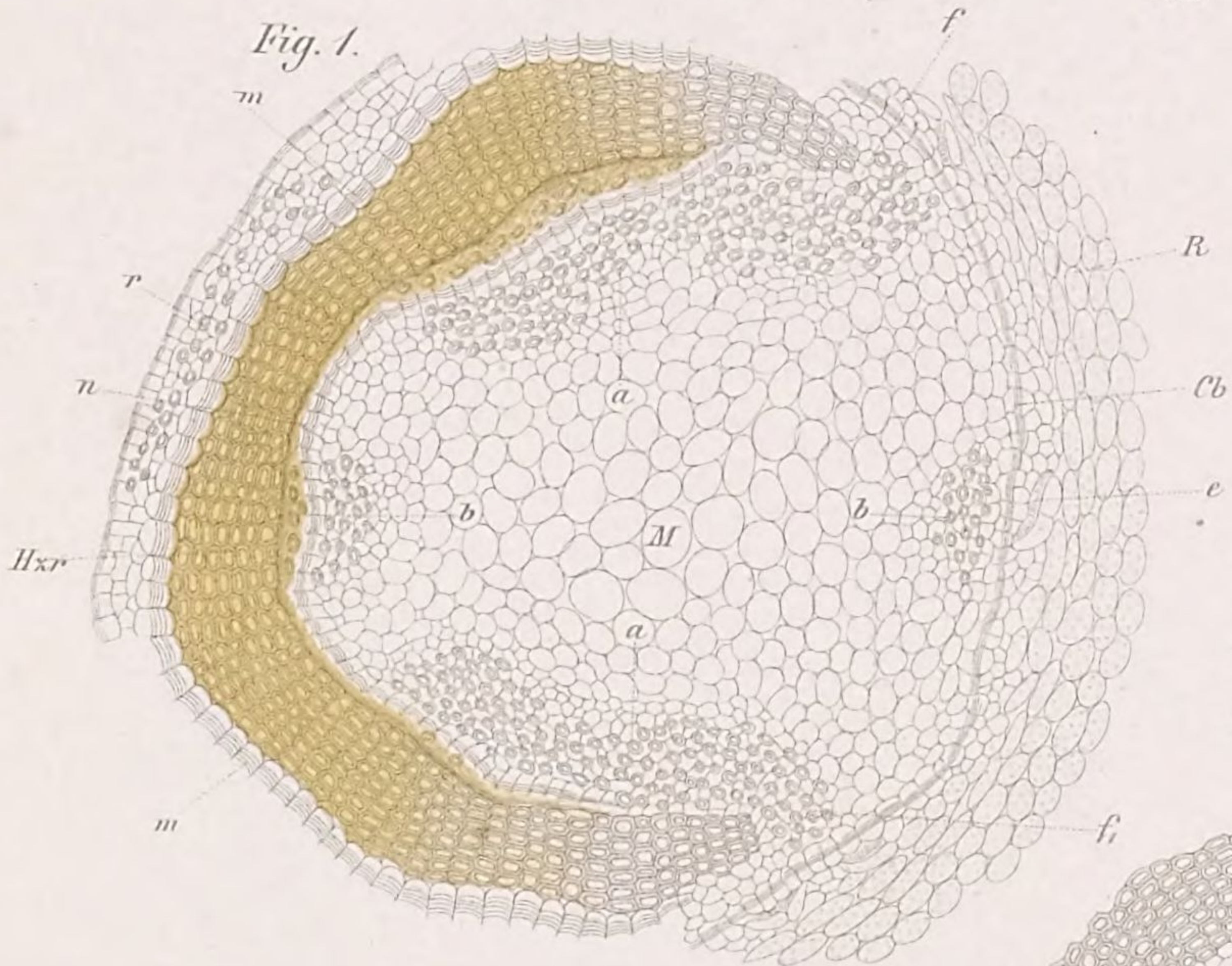


Fig. 3.

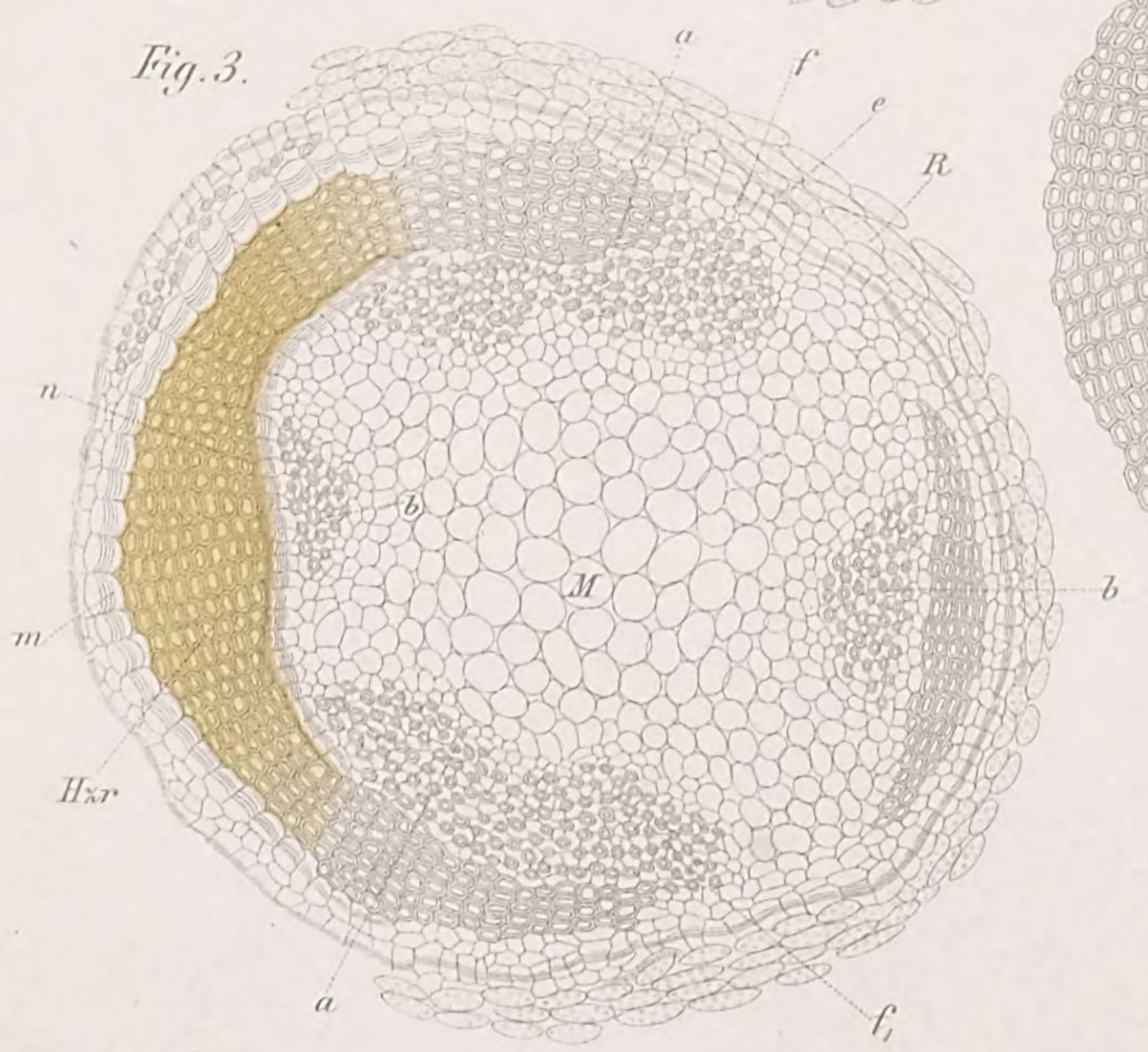


Fig. 4.

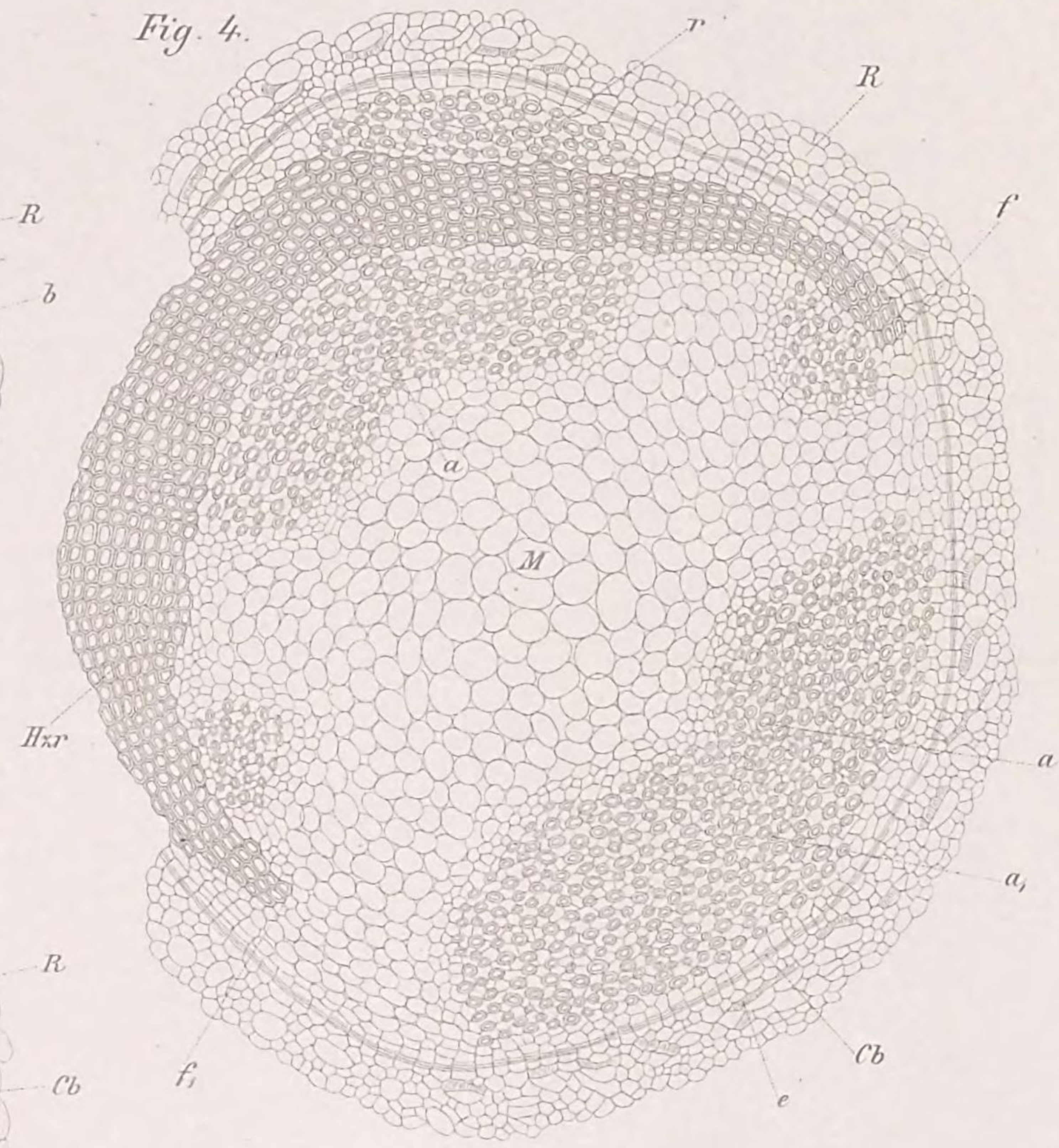
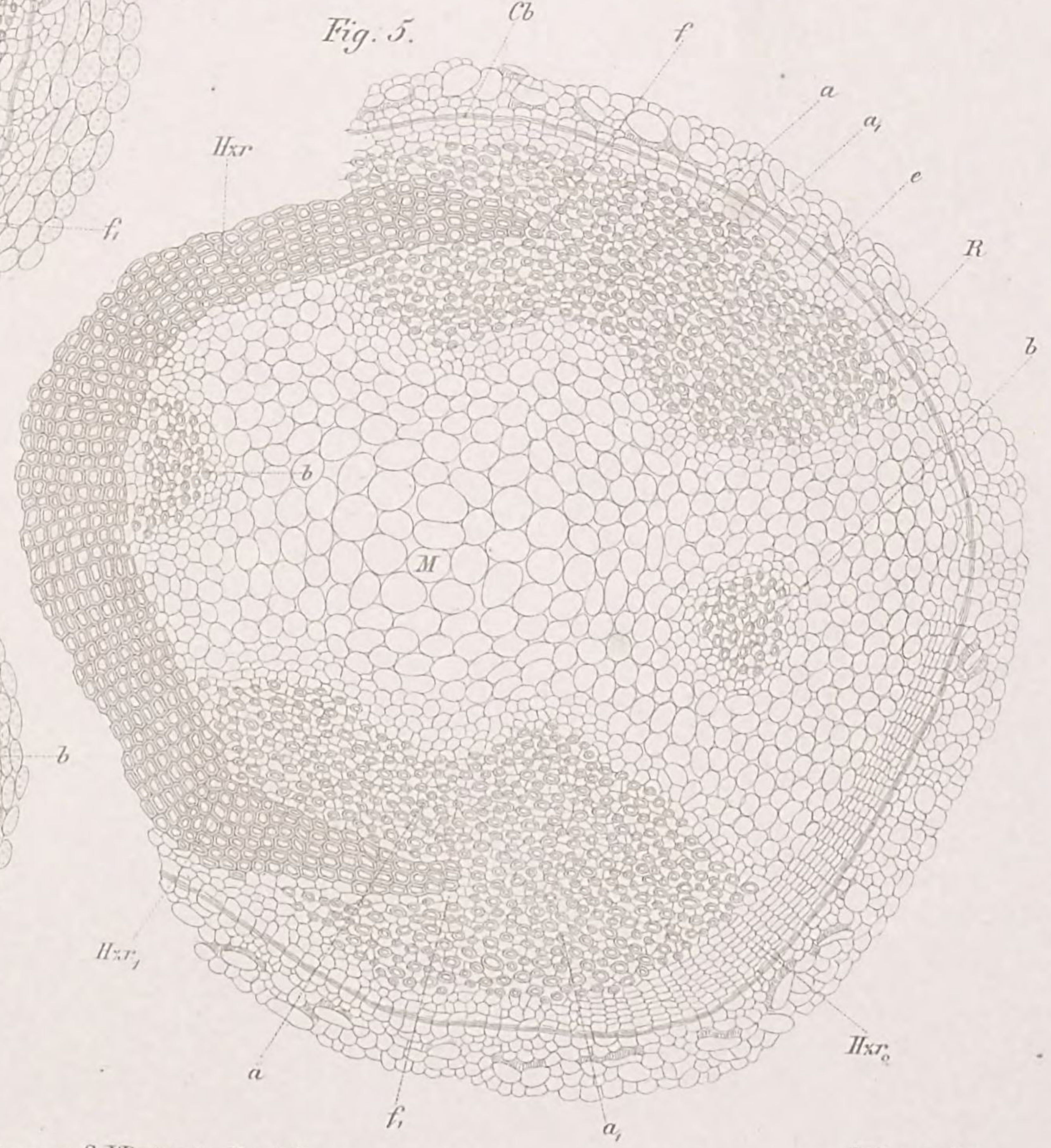


Fig. 5.



Ludwig Koch gez. Verlag von C. Winter in Heidelberg. Lith. von Laue.

Fig. 1.

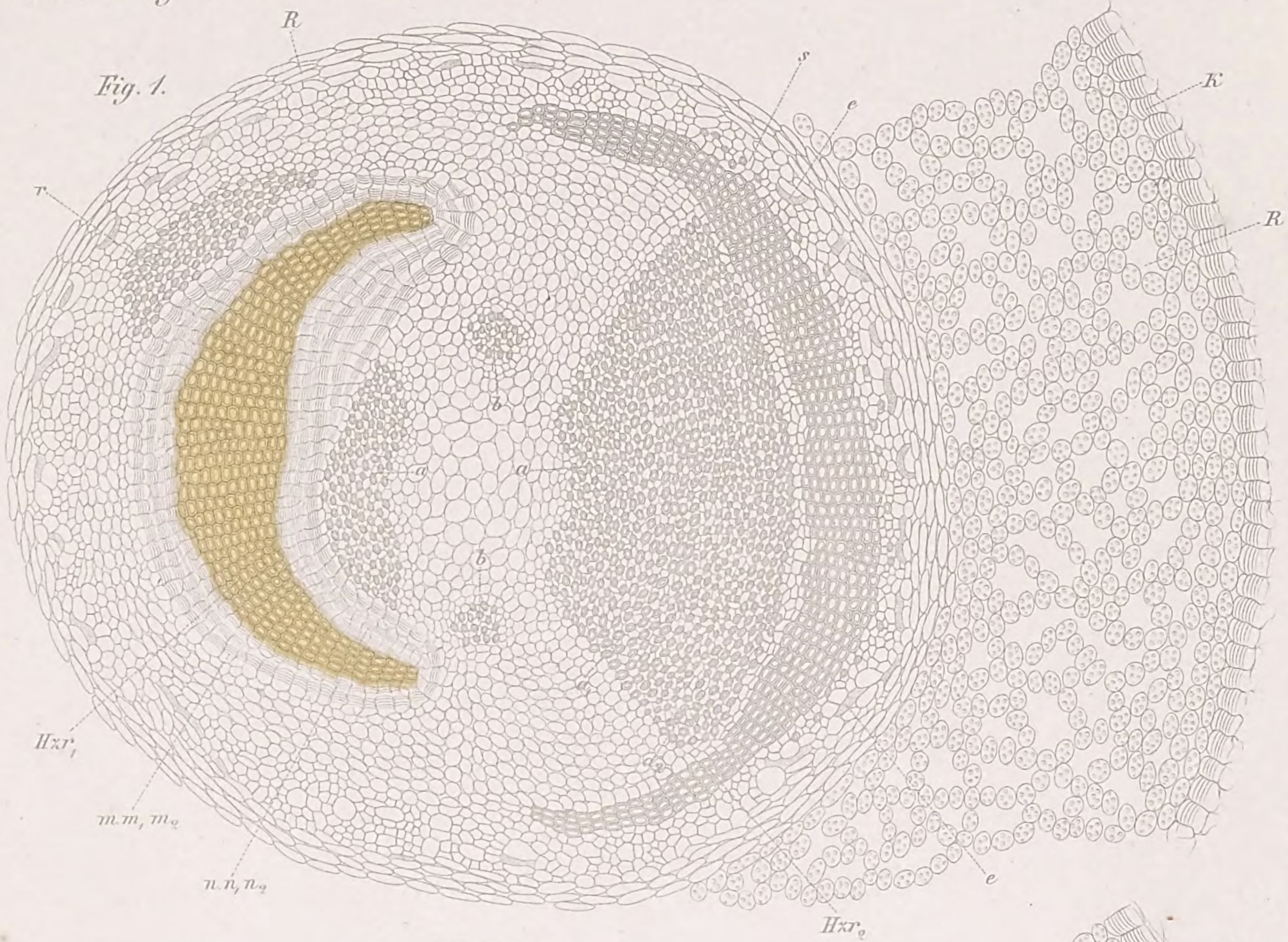
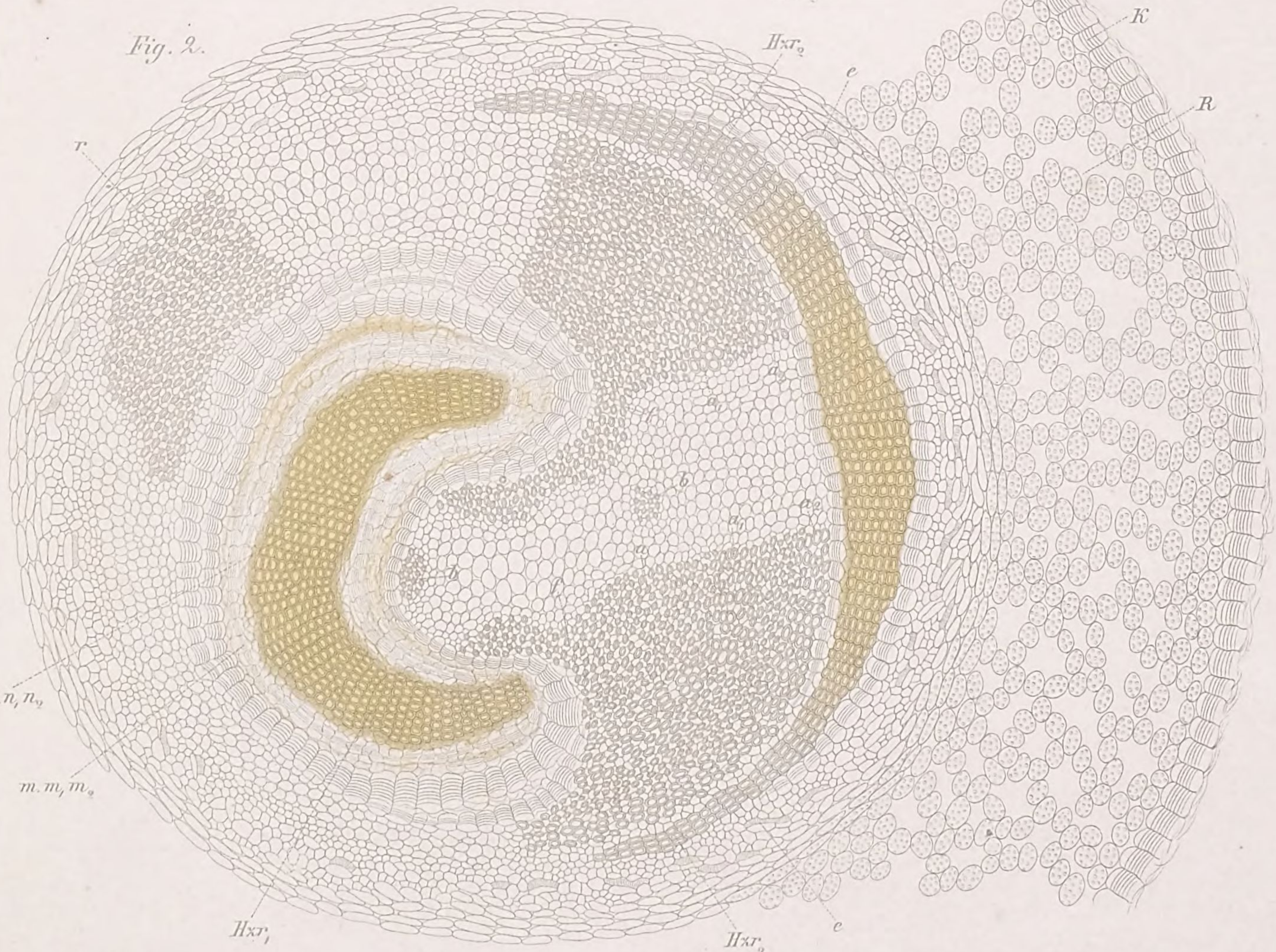


Fig. 2.



Ludwig Koch gez.
Verlag von C. Winter in Heidelberg.
Lith. von Laue.

Fig. 5.

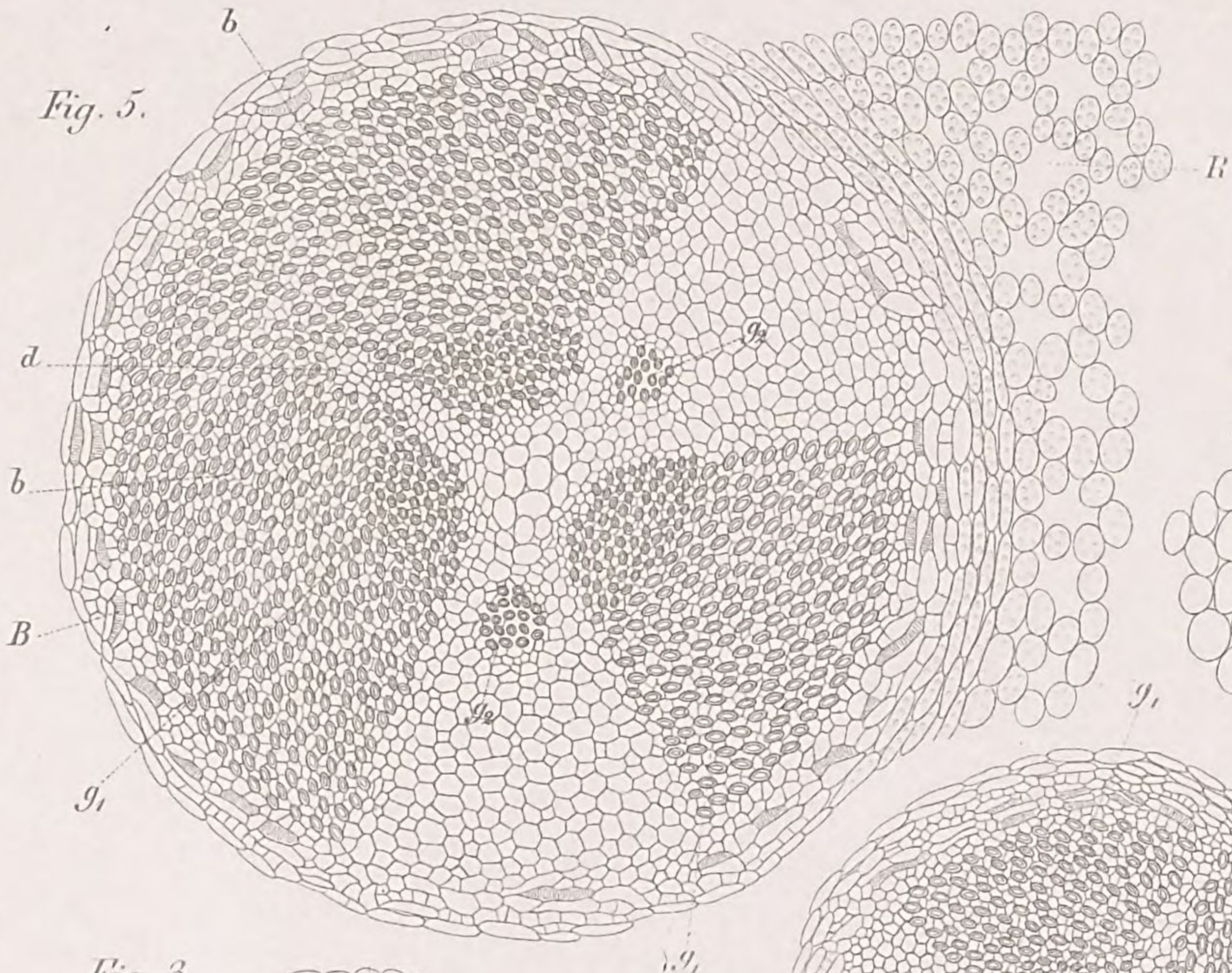


Fig. 2.

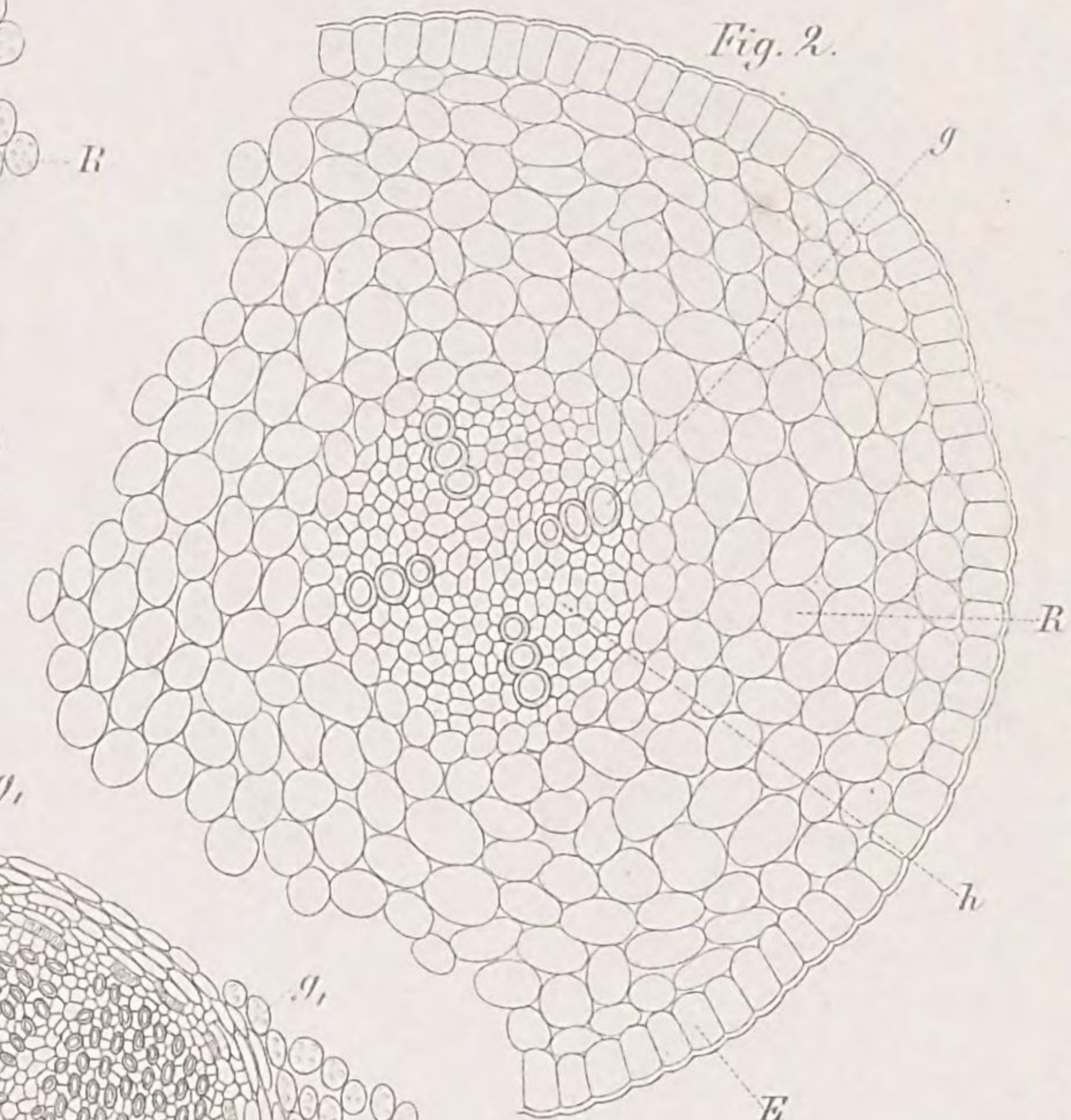


Fig. 3.

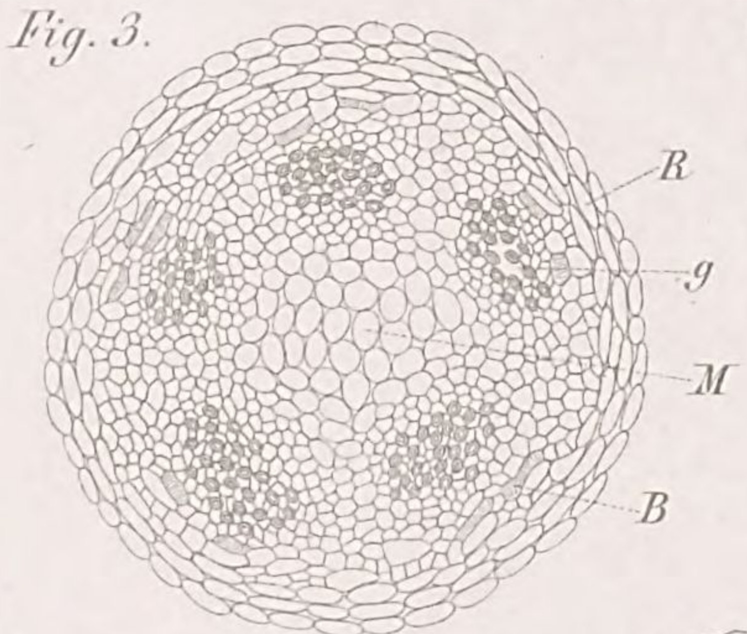


Fig. 4.

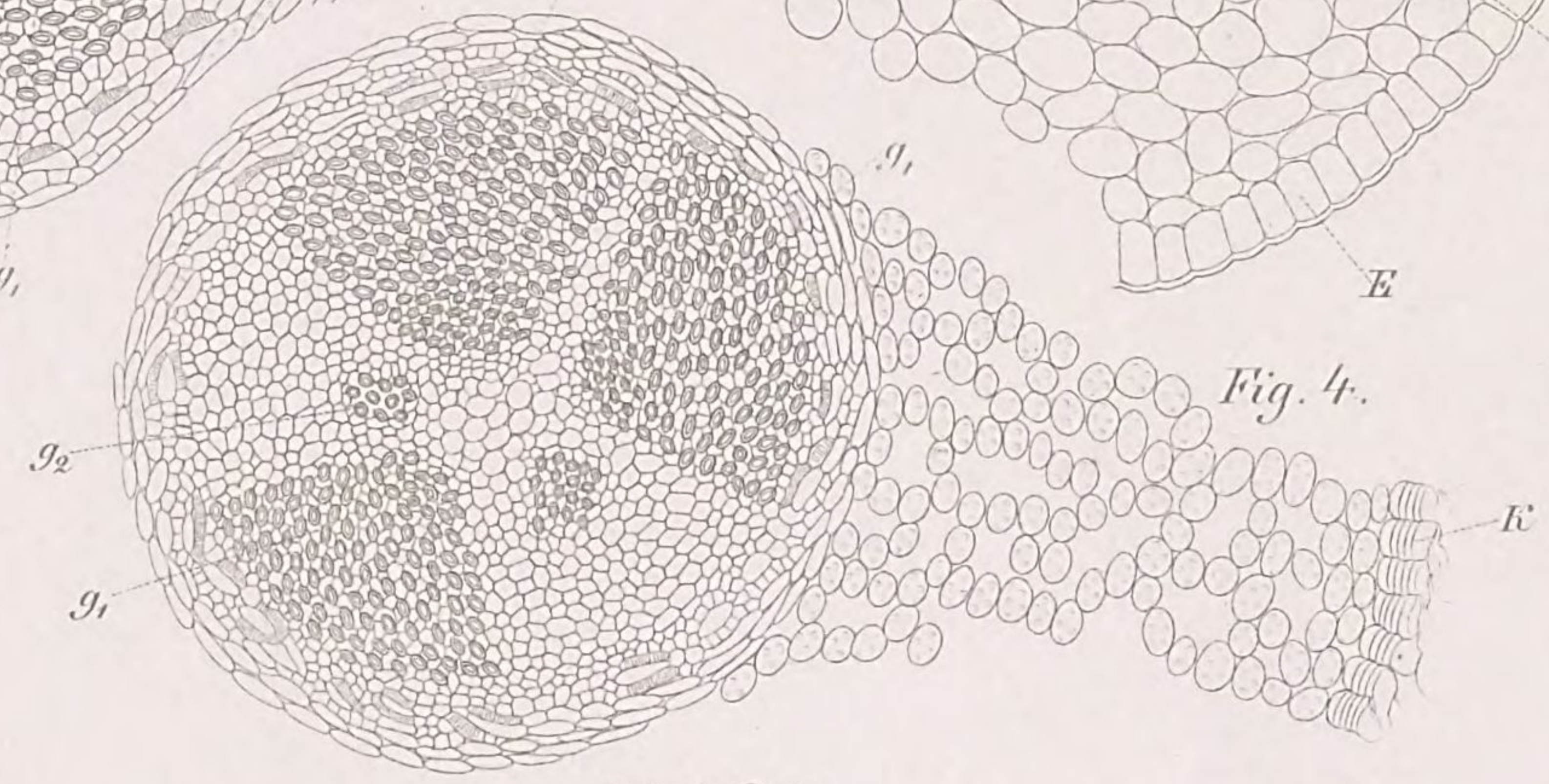
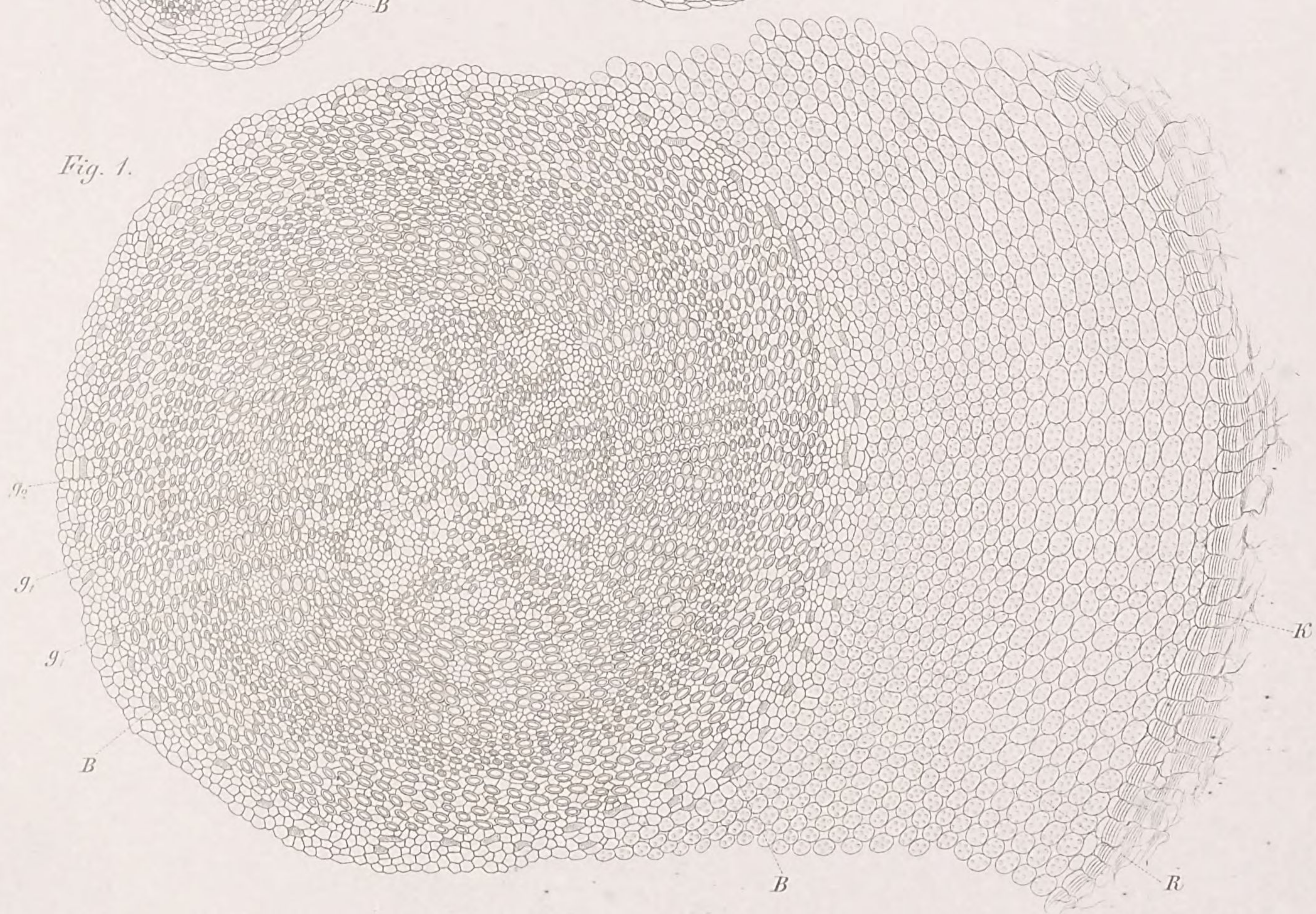
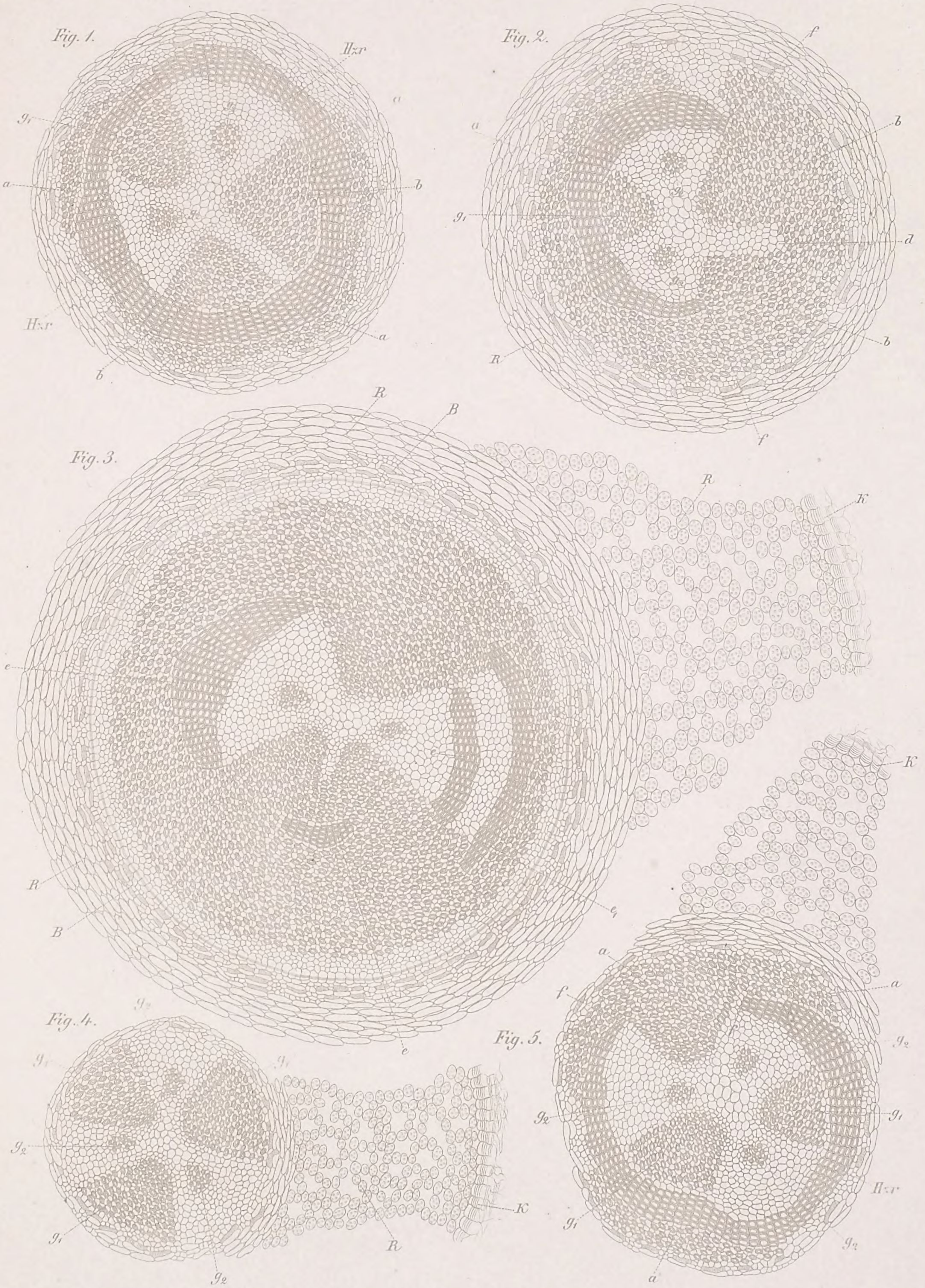


Fig. 1.

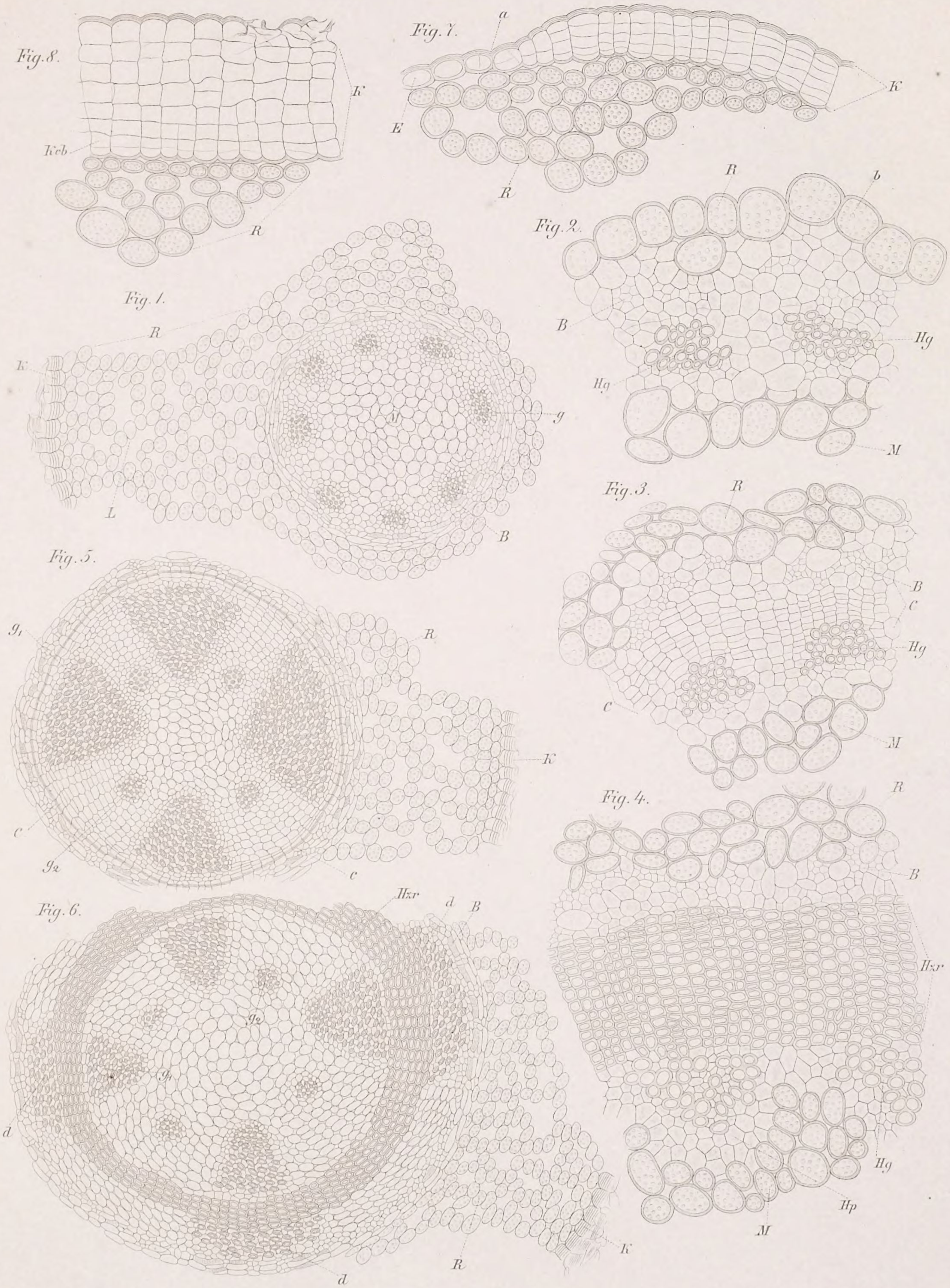




Ludwig Koch gez.

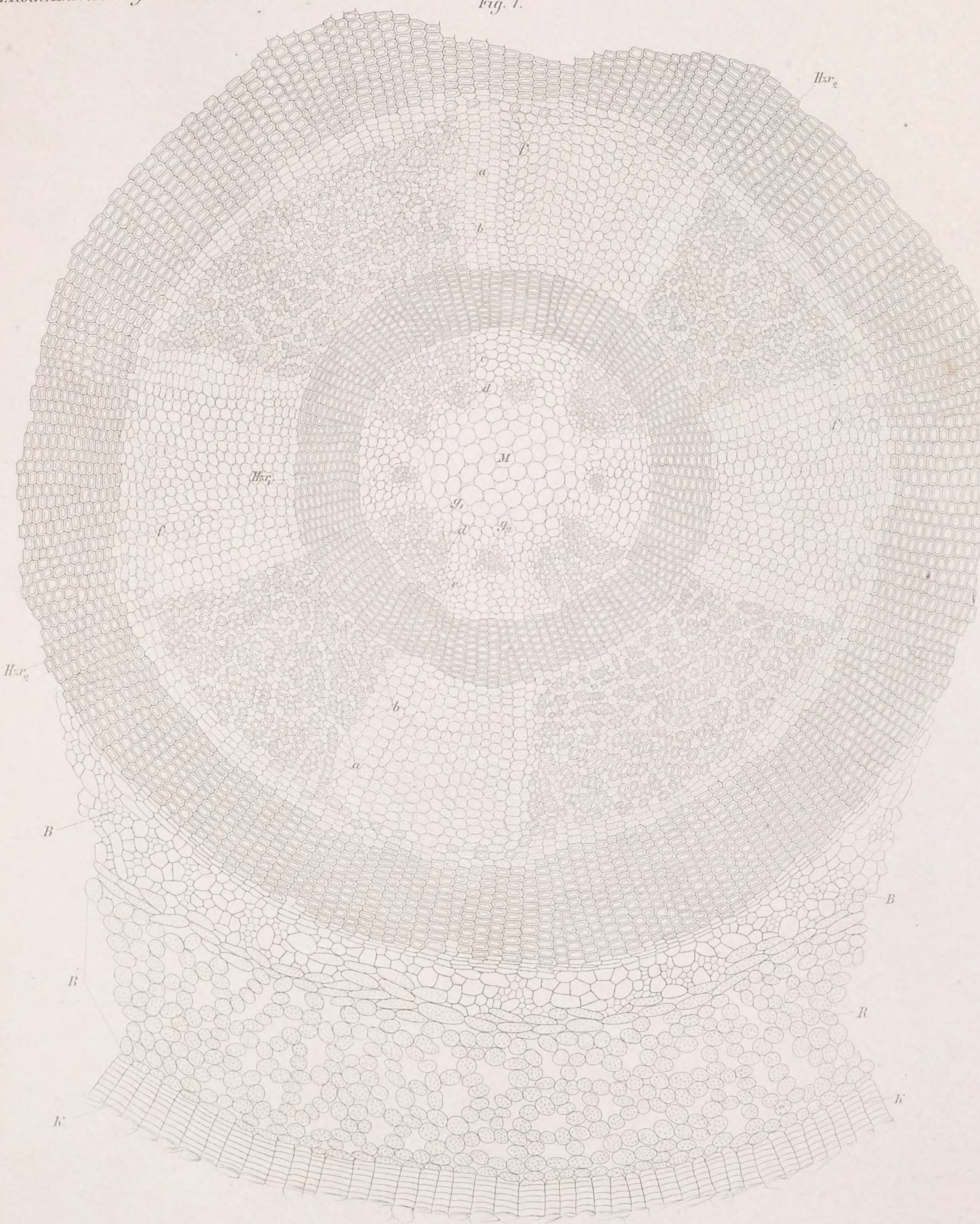
Verlag von C. Winter in Heidelberg.

Lith. von Laue.



Ludwig Koch gez.
Verlag von C. Winter in Heidelberg.
Lith. von Laue.

Fig. 1.



Ludwig Koch gez.

Verlag von C. Winter in Heidelberg.

Lith. von Laue.

Fig. 1.

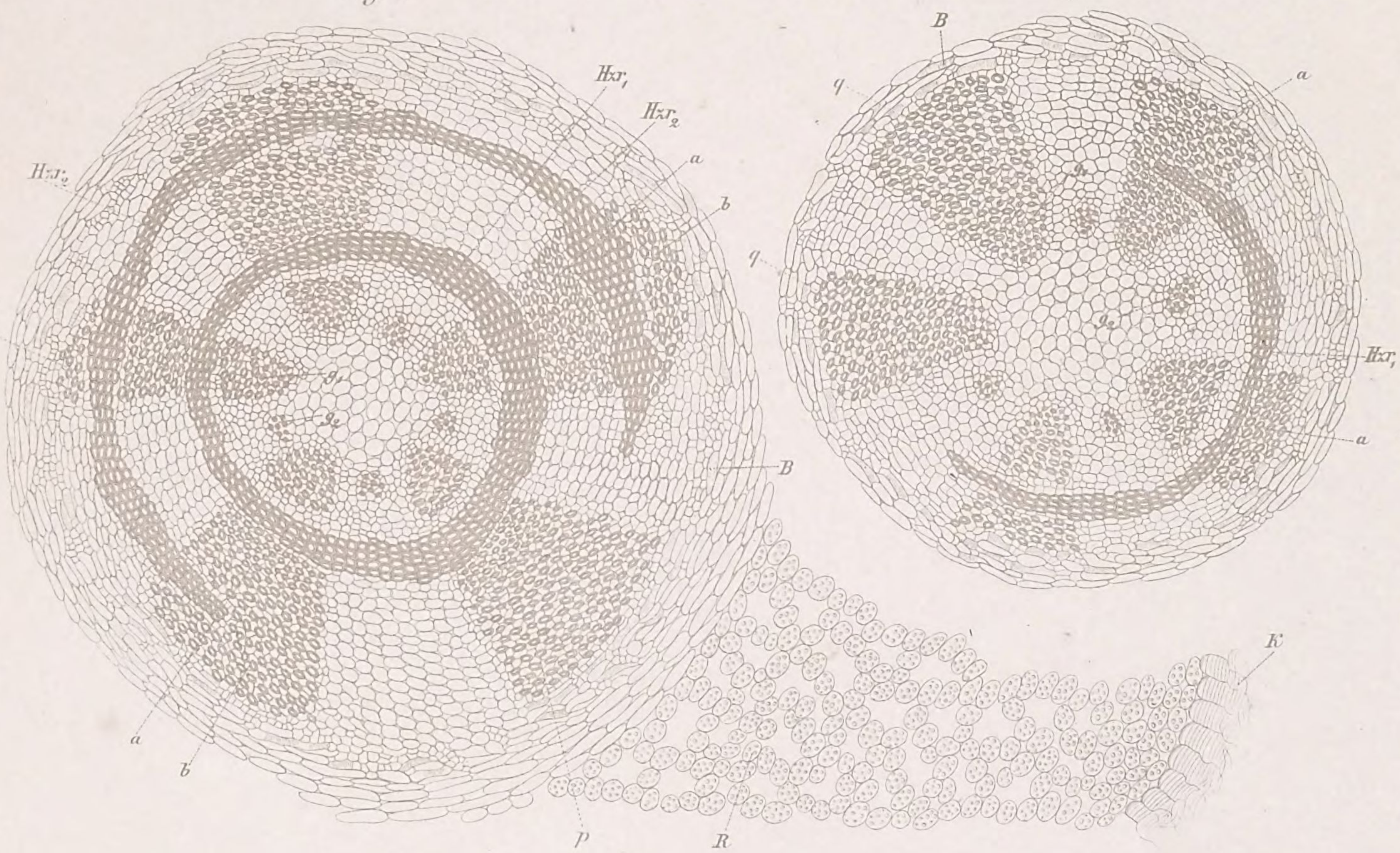


Fig. 3.

Fig. 2.

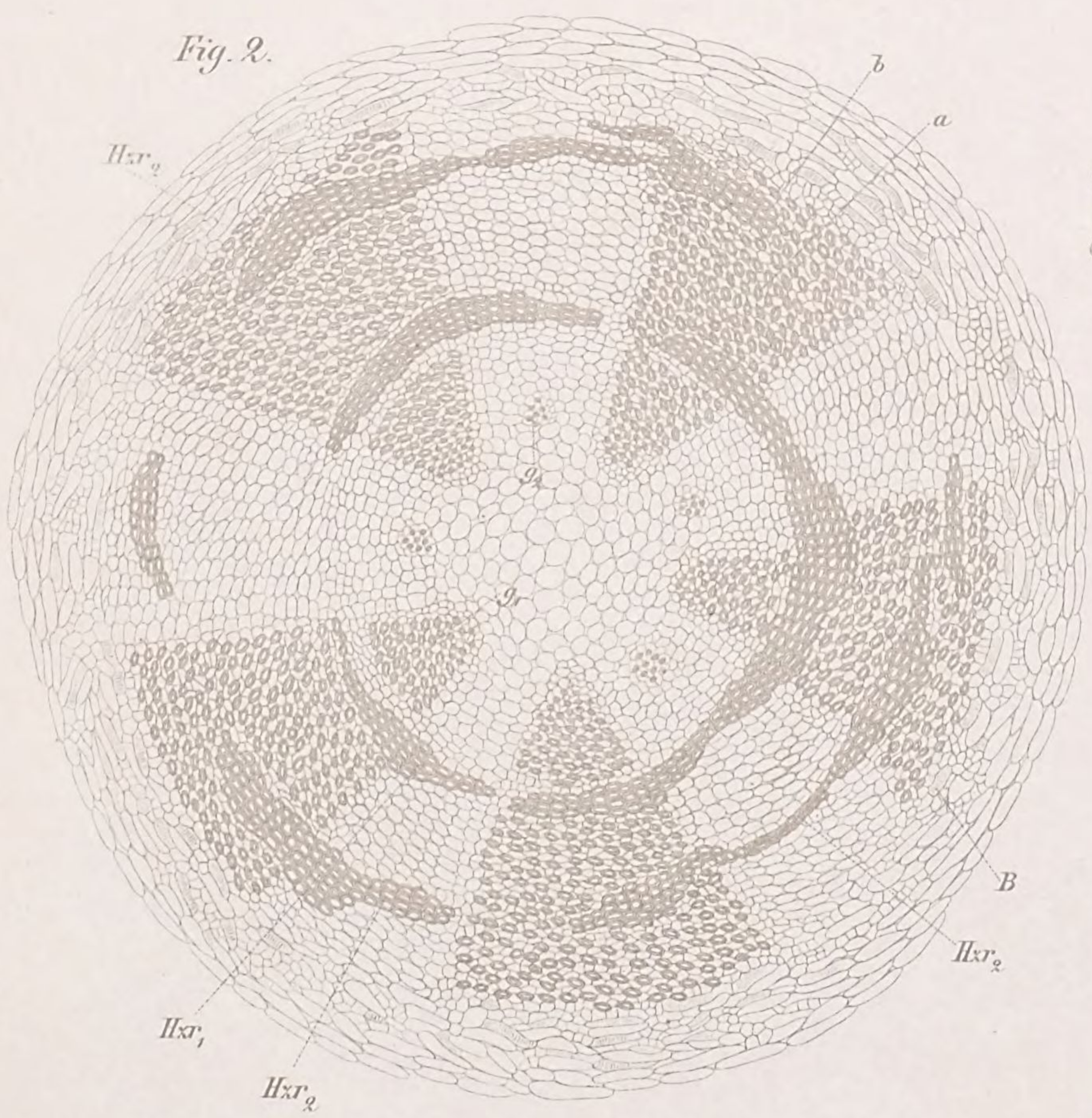
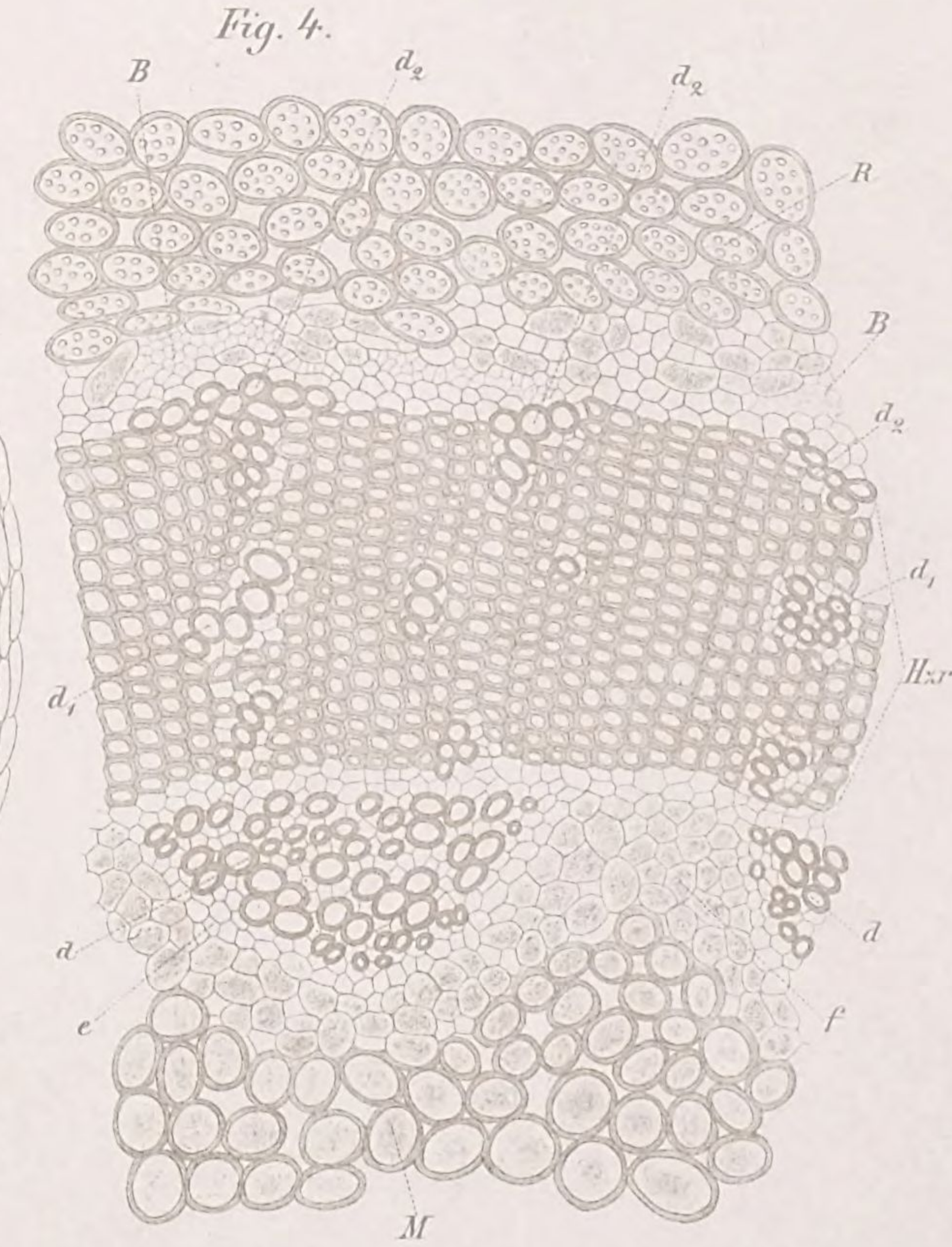
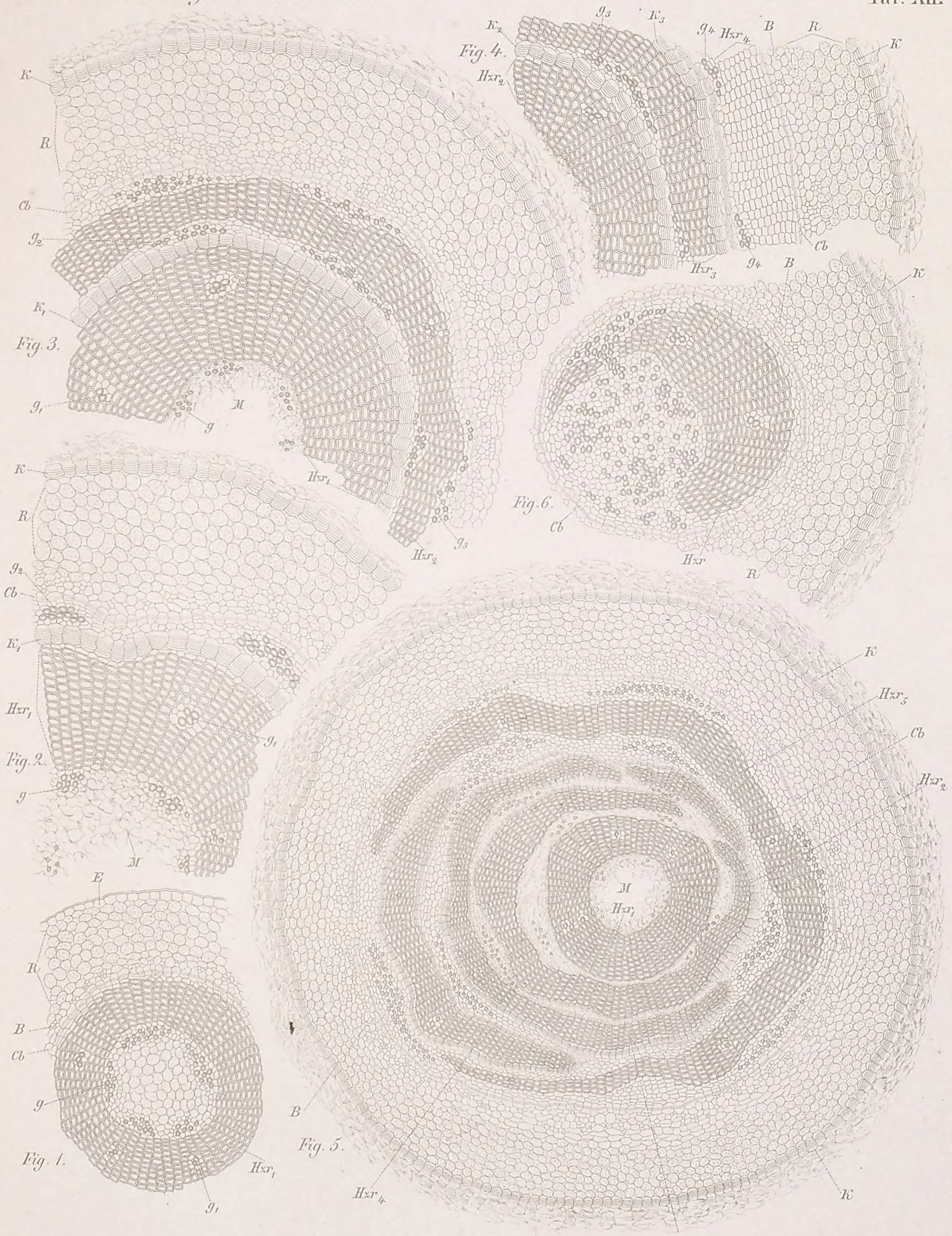


Fig. 4.



Ludwig Koch gez. Lith. von Laue.

Verlag von C. Winter in Heidelberg.



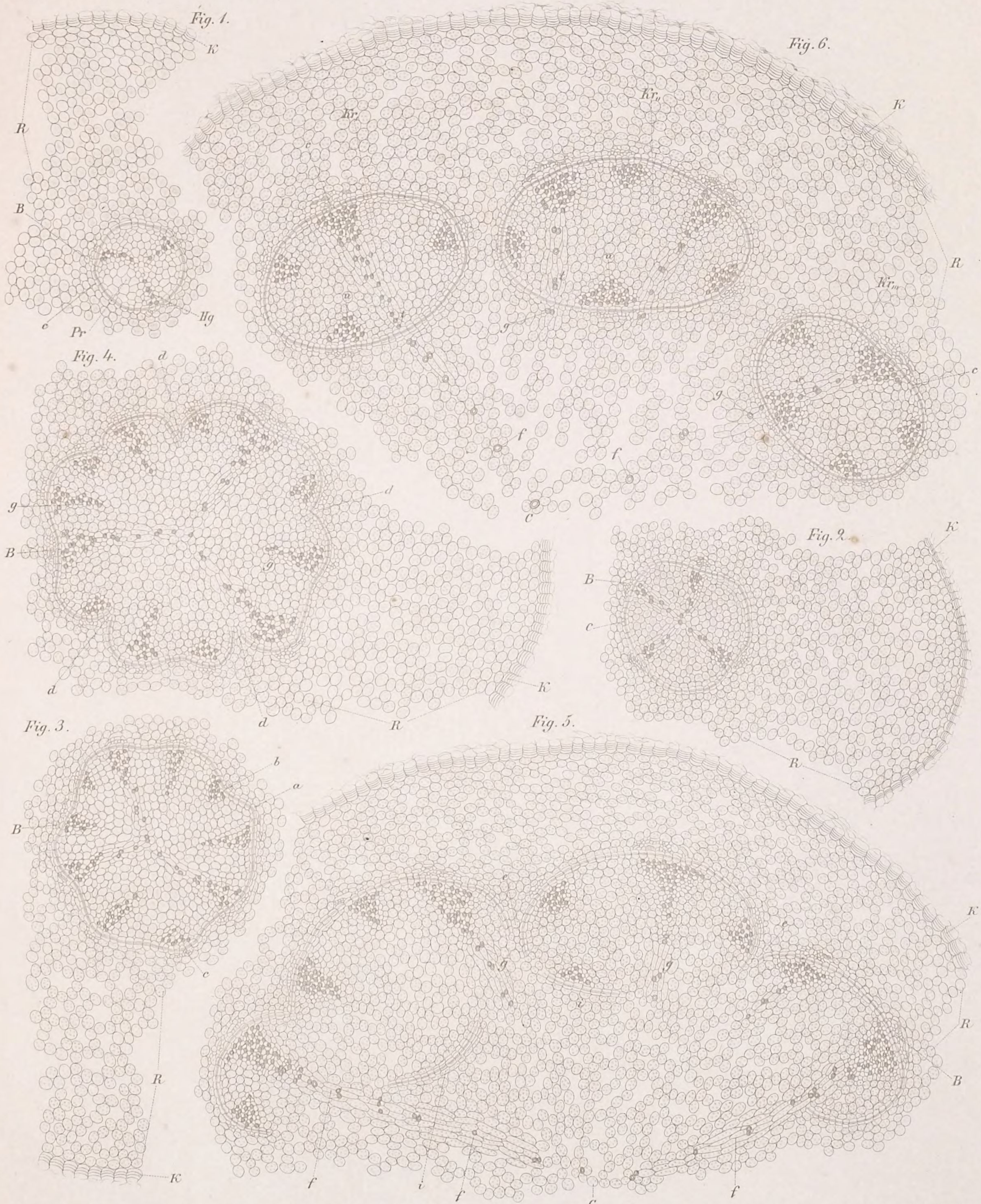
Ludwig Koch gez.

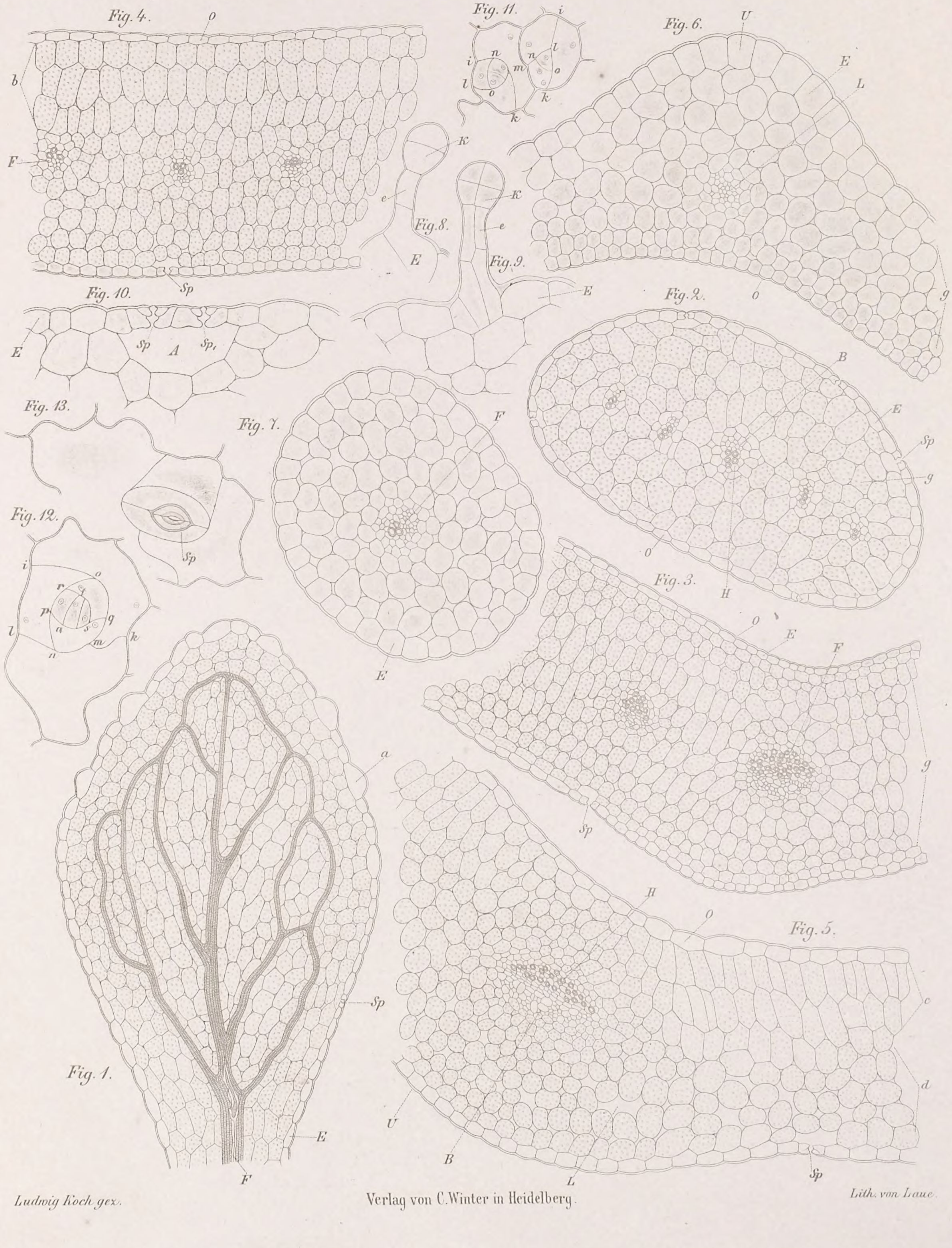
Verlag von C. Winter in Heidelberg.

Lith. von Laue.



Ludwig Koch gez. Verlag von C. Winter in Heidelberg. Lith. von Laue.

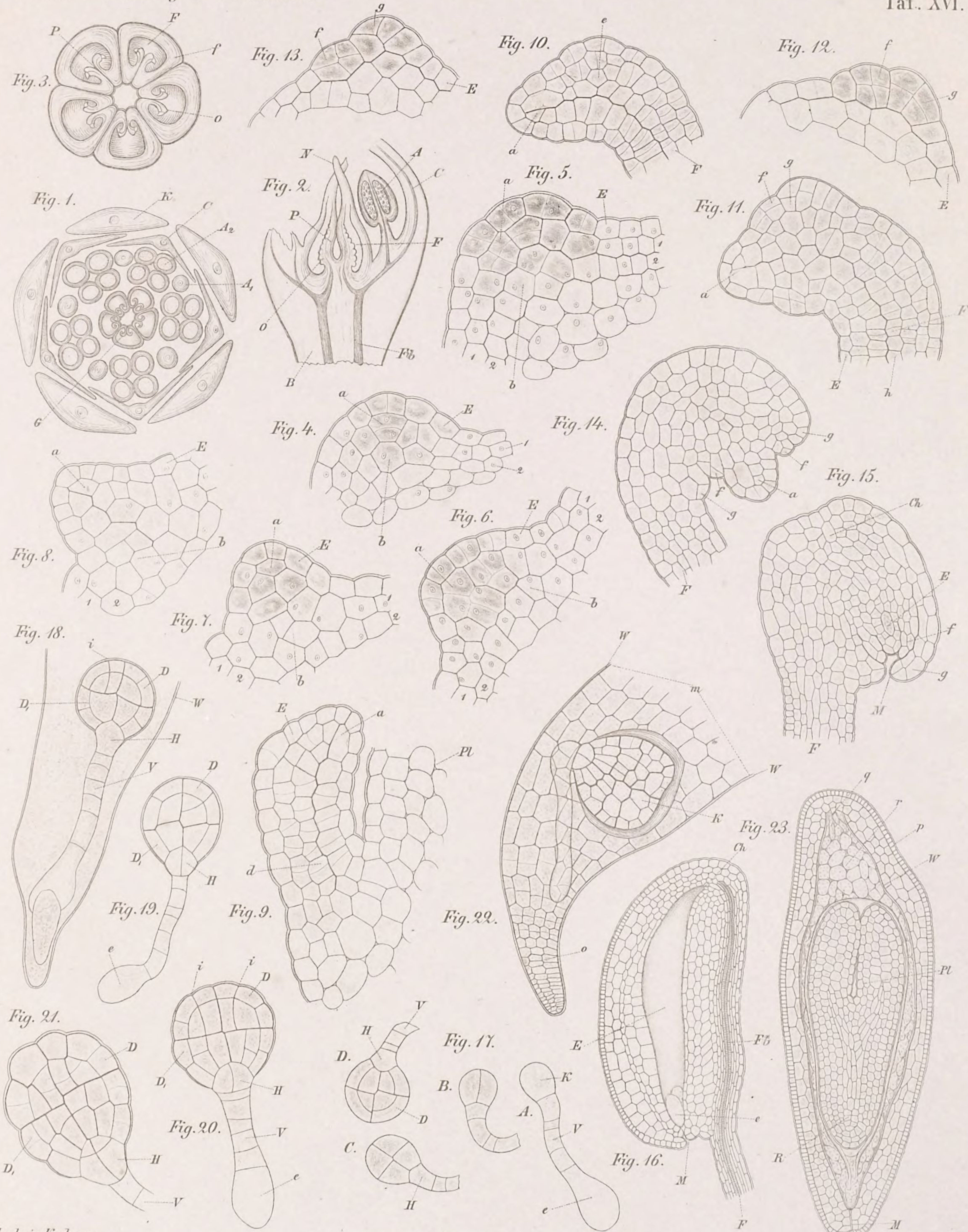

Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.



Ludwig Koch gez.

Verlag von C. Winter in Heidelberg.

Lith. von Laue.



Ludwig Koch gez. Verlag von C. Winter in Heidelberg. Lith. von Laue.

In *Carl Winter's Universitätsbuchhandlung* in *Heidelberg* sind erschienen:

Botanische Untersuchungen

von Dr. N. J. C. Müller,

Professor der Botanik an der Königlichen Forstakademie Münden.

Erster Band. I. Untersuchungen über die Sauerstoffausscheidung der grünen Pflanzen im Sonnenlicht. Mit einer lithographirten Tafel. gr. 8⁰. brosch. *M.* 1. 20. **II.** Beziehungen zwischen Verdunstung, Gewebespannung und Druck im Inneren der Pflanze. **III.** Untersuchungen über die Krümmungen der Pflanzen gegen das Sonnenlicht. Mit Holzschnitten und einer lithographirten Tafel. gr. 8. brosch. *M.* 2. 40. **IV.** Ueber die Vertheilung der Molecularkräfte im Baume. Erster Theil: Der sogenannte aufsteigende Saftstrom. Mit Holzschnitten und drei lithographirten Tafeln. gr. 8. brosch. *M.* 4. 80. **IV.** Zweiter Theil: Der sogenannte absteigende Saftstrom. Mit Holzschnitten und drei lithographirten Tafeln. gr. 8⁰. brosch. *M.* 5. **IV.** Dritter Theil: Die einjährige Periode. Mit Holzschnitten und sieben lithographirten Tafeln. gr. 8⁰. brosch. *M.* 8. 60. **V.** Ueber die Einwirkung des Lichtes und der strahlenden Wärme auf das grüne Blatt unserer Waldbäume. Mit Holzschnitten, einer Lichtdruck- u. einer Farbentafel. gr. 8⁰. brosch. *M.* 6. 80. **VI.** Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Baumkrone. Mit Holzschnitten, zehn lithographirten und zwei Lichtdruck-Tafeln. gr. 8⁰. brosch. *M.* 12. — **Zweiter Band. I.** Vergleichende Keimversuche mit Waldbaum-Samen aus klimatisch verschieden gelegenen Orten Mitteleuropa's von *Dr. M. Kienitz.* Ueber einen kurzen Ausdruck für die Evolution der Baumknospe von *Dr. N. J. C. Müller.* Mit Tabellen und Tafeln. gr. 8⁰. brosch. *M.* 8.

Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik.

Unter Mitwirkung der Herren:

G. Ammon in München; Rector Dr. *van Bebber* in Weissenburg a/S.; Prof. Dr. *Blomeyer* in Leipzig; Prof. Dr. *Jos. Böhm* in Wien; Dr. *J. Breitenlohner* in Wien; Dr. *W. Detmer* in Jena; Prof. Dr. *Ebermayer* in München; Director Dr. *Fittbogen* in Dahme; Dr. *Havenstein* in Poppelsdorf; Prof. Dr. *Heinrich* in Rostock; Dr. *F. von Höhnel* in Mariabrunn; Prof. Dr. *S. W. Johnson* in New-Haven (Connecticut. U. S.); Prof. Dr. *J. Kühn* in Halle a/S.; Dr. *C. Kraus* in Triesdorf; Dr. *C. Lang* in München; Prof. Dr. *von Liebenberg* in Wien; Dr. *J. R. Ritter Lorenz von Liburnau*, Ministerialrath in Wien; Prof. Dr. *A. Mayer* in Wageningen (Holland); Dr. *J. Möller* in Mariabrunn; Prof. Dr. *Alexander Müller* in Berlin; Prof. Dr. *Nessler* in Carlsruhe; Prof. Dr. *Orth* in Berlin; Dr. *R. Pedersen* in Kopenhagen; Prof. Dr. *E. von Rodiczky* in Ungar. Altenburg; Dr. *W. Schumacher* in Bonn; Dr. *Sorauer* in Proskau; Prof. Dr. *A. Vogel* in München; Dr. *P. Wagner* in Darmstadt; Prof. Dr. *Wilhelm* in Graz

herausgegeben von **Dr. E. Wollny,**

Professor in München.

Inhalt. **I. Band. 1. Heft:** *v. Liebenberg,* Ueber den gegenwärtigen Stand der Bodenphysik. I. *E. Wollny,* Untersuchungen über den Einfluss der Farbe des Bodens auf dessen Erwärmung. *C. Kraus,* Ueber die physiologische Bedeutung des Chlorophyllfarbstoffes. Ueber die Bedeutung und Vertretung der land- und forstwirthschaftlichen Meteorologie. Referat. Neue Litteratur. *M.* 2. 40. **2.** und **3. Heft:** *C. Lang,* Ueber Wärmecapacität der Bodenconstituanten. *F. Haberlandt,* Ueber die Kohärescenzverhältnisse verschiedener Bodenarten. *E. Ebermayer,* Mittheilungen über den Kohlensäuregehalt der Waldluft und des Waldbodens im Vergleich zu einer nicht bewaldeten Fläche. *W. Detmer,* Ueber die Aufnahme des Wassers seitens der Pflanzen. *C. Kraus,* Beiträge zu den Principien der mechanischen Wachsthumstheorie und deren Anwendung. Entwurf eines Programms für forstlich-meteorologische Beobachtungen. Referat. Neue Litteratur. *M.* 4. 80. **4. Heft:** II. *E. Wollny,* Untersuchungen über den Einfluss der Exposition auf die Erwärmung des Bodens. *F. von Höhnel,* Ueber den Gang des Wassergehaltes und der Transpiration bei der Entwicklung des Blattes. *J. van Bebber,* Die allgemeinen Niederschlagsverhältnisse mit besonderer Berücksichtigung Deutschlands (mit einer Regenkarte). Neue Litteratur. *M.* 3. 60. **5. Heft:** *C. Lang,* Ueber Wärmeabsorption und Emission des Bodens. I. *F. Haberlandt,* Versuche über die Tragfähigkeit und Elasticität der Bastbänder gerösteter Hanfpflanzen. II. *J. Adamec* und *E. Klose,* Ueber eine neue Methode zur Ermittlung der lufterfüllten Räume in Samen und Früchten. *J. Böhm,* Warum steigt der Saft in den Bäumen? Neue Litteratur. *M.* 4. 20. — **II. Band. 1. Heft:** III. *G. Ammon,* Untersuchungen über das Condensationsvermögen der Bodenconstituenten für Gase. *W. Detmer,* Physiologische Untersuchungen über den Keimungsprocess. (Erste Abhandlung.) Neue Litteratur. *M.* 4. 40. **2. Heft:** IV. *E. Wollny,* Untersuchungen über die Temperatur des Bodens im dichten und im lockeren Zustande. *C. Kraus,* Ueber einige Beziehungen des Lichts zur Form- und Stoffbildung der Pflanzen. Neue Litteratur. *M.* 4. **3. Heft:** *A. Mayer,* Ueber die Einwirkung von Salzlösungen auf die Absetzungsverhältnisse thoniger Erden. *W. Detmer,* Physiologische Untersuchungen über den Keimungsprocess. (Zweite Abhandlung.) Neue Litteratur. *M.* 2. 80. **4. Heft:** *J. Möller,* Ueber die freie Kohlensäure im Boden. *W. Detmer,* Physiologische Untersuchungen über den Keimungsprocess. (Dritte Abhandlung.) III. *A. v. Liebenberg,* Ein neuer Keimapparat. *F. v. Höhnel,* Ueber die Wasserverbrauchsmengen unserer Forstbäume mit Beziehung auf die forstlich-meteorologischen Verhältnisse. Neue Litteratur. *M.* 4.

Verhandlungen

des naturhistorisch-medicinischen Vereins in Heidelberg.

Inhalt. **Neue Folge I. Band. 1. Heft:** Vorwort. Verzeichniss der Mitglieder des Vereins. *H. Bauke,* Zur Entwicklungsgeschichte der Cyatheaceen. *Ad. Mayer,* Ueber die Aufnahme von Ammoniak durch oberirdische Pflanzentheile. *Fr. Schulze,* Ueber die Resultate der Kaltwasserbehandlung des Typhus abdominalis im akademischen Krankenhause zu Heidelberg. *R. Thoma,* Ueber den Einfluss des Wassergehaltes des Blutes und der Gewebeäste auf die Formen und Ortsveränderungen farbloser Körper. *L. Koch,* Zur Entwicklungsgeschichte der Cuscuteen. *A. Pagenstecher,* Zoologische Miscellen. Ueber den Ursprung einiger europäischer Schmetterlinge. 1874. gr. 8⁰. brosch. *M.* 4. **2. Heft:** *W. Erb,* Ueber eine eigenthümliche Localisation von Lähmungen im Plexus brachialis. *W. Erb,* Ueber Sehnenreflexe bei Gesunden und bei Rückenmarkskranken. *Robby Kossmann,* Die Fauna der Wirbellosen in dem Küstengebiete des rothen Meeres. War Gœthe ein Mitbegründer der Descendenztheorie? *Ad. Mayer,* Ueber Sauerstoffabscheidung aus Pflanzentheilen bei Abwesenheit von Kohlensäure. 1875. gr. 8⁰. brosch. *M.* 1. 60. **3. Heft:** *E. Pfitzer,* Ueber die Geschwindigkeit der Wasserbewegung in der Pflanze. *A. Horstmann,* Verbrennungserscheinungen bei Gasen. *W. Kühne,* Ueber das Verhalten verschiedener organisirter und sog. ungeformter Fermente. *W. Kühne,* Ueber das Trypsin. *Ludw. Koch,* Ueber die Entwicklung des Samens der Orobanchen. *A. v. Wolkoff,* Die Lichtabsorption in den Chlorophylllösungen. 1876. Mit zwei Tafeln. gr. 8⁰. brosch. *M.* 3. **4. Heft:** *W. Kühne,* Ueber das Secret des Pankreas. Weitere Mittheilungen über Verdauungsenzyme und die Verdauung der Albumine. *W. Lossen,* Ueber die Eigenschaften der Atome. *M. Fehr,* Ein Bild der Lyssa. *A. Horstmann,* Dissociation der Chlorsilber-Ammoniakverbindungen. *Robby Kossmann,* Wissenschaftliche Ergebnisse einer Reise in die Küstengebiete des rothen Meeres, im Auftrage der königl. Academie der Wissenschaften in Berlin ausgeführt. *L. Koch,* Untersuchungen über die Entwicklung der Crassulaceen. 1876. Mit einer Tafel. gr. 8⁰. brosch. *M.* 8. **5. Heft:** *W. Kühne* und *A. Sh. Lea* aus Cambridge, Ueber die Absonderung des Pankreas. *A. Ewald* und *W. Kühne,* Die Verdauung als histologische Methode. *A. Ewald* und *W. Kühne,* Ueber einen neuen Bestandtheil des Nervensystems. *A. Horstmann,* Ueber ein Dissociationsproblem. *L. Morochowetz,* Zur Histochemie des Bindegewebes. *W. Kühne,* Zur Photochemie der Netzhaut. — *E. Pfitzer,* Studien über Bau und Entwickelung epiphytischer Orchideen. 1877. Mit einer Tafel. gr. 8⁰. brosch. *M.* 2. 40. — **Neue Folge II. Band. 1. Heft:** *W. Kühne,* Ueber die Verbreitung einiger Enzyme im Thierkörper. *Leopold Weiss,* Zur Flüssigkeitsströmung im Auge. *Richard Börnstein,* Der Einfluss des Lichtes auf elektrische Spannung in Metallen. *E. Pfitzer,* Beobachtungen über Bau und Entwicklung der Orchideen. *A. Horstmann,* Ueber Verbrennungserscheinungen bei Gasen II. *Ludwig Koch,* Ueber die Entwicklung des Samens von Monotropa Hypopitys L. 1877. Mit einer lithogr. Tafel. gr. 8⁰. brosch. *M.* 2. **2. Heft:** *Karl Mays,* Beiträge zur Kenntniss des Baues der Sehnen. *E. Askenasy,* Ueber eine neue Methode, um die Vertheilung der Wachsthumsintensität in wachsenden Theilen zu bestimmen. *E. Cohen,* Ueber den Meteoriten von Zsadány, Temesvar, Comitat, Banat. 1878. Mit vier lithogr. Tafeln. gr. 8⁰. brosch. *M.* 6. **3. Heft:** *Th. Rumpf,* Zur Histologie der Nervenfaser und des Axencylinders. *A. Horstmann,* Verbrennungserscheinungen bei Gasen III. *E. Pfitzer,* Beobachtungen über Bau und Entwicklung der Orchideen. 1879. Mit einer lithograph. Tafel. gr. 8⁰. brosch. *M.* 2.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

Walter Schelling
Buchbinderei

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Koch, Ludwig

Untersuchungen über die Entwicklung der Crassulaceen veröffentlicht mit Unterstützung des Königl. preuss. Ministeriums für Landwirthschaft ... Mit 16 lithographirten Tafeln

Heidelberg 1879

2 Phyt. 155 h
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11381327-6